



IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

**Applicant:** Toshihiro Fukuda, et al. **Atty. Docket No.** 075834.00441  
**Serial No.:** 10/ 664,641 **Group Art Unit:** 3679  
**Filed:** September 19, 2003  
**Invention:** "DISPLAY ELEMENT, DISPLAY DEVICE, AND MICROLENS ARRAY"

**SUBMISSION OF PRIORITY DOCUMENT**

Mail Stop Non-Fee Amendment  
Commissioner for Patents  
P.O. Box 1450  
Alexandria, VA 22313-1450

S I R:

Applicants hereby submit a certified copies of Japanese Patent Application Numbers JP2002-275072 filed September 20, 2002 and JP2003-308874 filed September 1, 2003 and hereby claims priority in the above-referenced United States patent application under the provisions of 35 USC §119. Applicants request that the claim for priority to this previously filed patent application be made of record in this application.

Respectfully submitted,

(Reg. #37,607)

Robert J. Depke  
HOLLAND & KNIGHT LLC  
131 South Dearborn Street, 30<sup>th</sup> Floor  
Chicago, Illinois 60603  
Tel: (312) 422-9050  
**Attorney for Applicant**

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日  
Date of Application:

2002年 9月20日

出 願 番 号  
Application Number:

特願2002-275072

[ ST.10/C ]:

[ JP2002-275072 ]

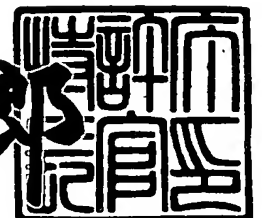
出 願 人  
Applicant(s):

ソニー株式会社

2003年 6月17日

特 許 庁 長 官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

太田信一郎



出証番号 出証特2003-3047087

【書類名】 特許願

【整理番号】 0290199406

【提出日】 平成14年 9月20日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G02F 1/13  
G03B 21/00

【発明者】

【住所又は居所】 東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社  
内

【氏名】 福田 俊広

【発明者】

【住所又は居所】 東京都港区虎ノ門4-3-1 城山JTトラストタワー  
24階 株式会社フォーラムエンジニアリング内

【氏名】 古家 知喜

【特許出願人】

【識別番号】 000002185

【氏名又は名称】 ソニー株式会社

【代理人】

【識別番号】 100094053

【弁理士】

【氏名又は名称】 佐藤 隆久

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 014890

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9707389

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 表示素子、表示装置、及びマイクロレンズアレイ

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

2 次元的に配列された、画素ピッチが  $20\ \mu\text{m}$  以下である複数の画素部と、  
前記画素部に対して光の入射側または出射側に、前記複数の画素部に対応して  
2 次元的に配列された複数のマイクロレンズを含むマイクロレンズアレイと  
を有し、

前記マイクロレンズアレイにおいて、前記各マイクロレンズは回転双曲面のレ  
ンズ面を有し、かつ、前記複数のマイクロレンズのレンズピッチは、回転双曲面  
のレンズ及び回転楕円面のレンズの入射光に対する集光効率を略同等に保持でき  
るレンズピッチより小さく、回転楕円面のレンズの集光効率より高い集光効率を  
保持し得るピッチに設定されている

表示素子。

【請求項 2】

前記各マイクロレンズの焦点位置が、前記各画素部に略一致する  
請求項 1 に記載の表示素子。

【請求項 3】

2 次元的に配列された、画素ピッチが  $20\ \mu\text{m}$  以下である複数の画素部と、  
前記画素部に対して光の入射側または出射側に、前記複数の画素部に対応して  
2 次元的に配列された複数のマイクロレンズを含むマイクロレンズアレイと  
を有し、

前記マイクロレンズアレイにおいて、前記各マイクロレンズは回転双曲面のレ  
ンズ面を有し、かつ、レンズピッチは  $20\ \mu\text{m}$  以下である

表示素子。

【請求項 4】

前記各マイクロレンズの焦点位置が、前記各画素部に略一致する  
請求項 3 に記載の表示素子。

【請求項 5】

2 次元的に配列された、画素ピッチが  $20\ \mu\text{m}$  以下である複数の画素部と、  
前記画素部を照明する照明光を発する光源と、

前記画素部に対して光の入射側または出射側に、前記複数の画素部に対応して  
2 次元的に配列された複数のマイクロレンズを含むマイクロレンズアレイと、  
前記画素部から出射された光を投射する投射レンズと  
を有し、

前記マイクロレンズアレイにおいて、前記各マイクロレンズは回転双曲面のレン  
ズ面を有し、かつ、前記複数のマイクロレンズのレンズピッチは、回転双曲面  
のレンズ及び回転楕円面のレンズの入射光に対する集光効率を略同等に保持でき  
るレンズピッチより小さく、回転楕円面のレンズの集光効率より高い集光効率を  
保持し得るピッチに設定されている

表示装置。

【請求項 6】

前記各マイクロレンズの焦点位置が、前記各画素部に略一致する  
請求項 5 に記載の表示装置。

【請求項 7】

2 次元的に配列された、画素ピッチが  $20\ \mu\text{m}$  以下である複数の画素部と、  
前記画素部を照明する照明光を発する光源と、

前記画素部に対して光の入射側または出射側に、前記複数の画素部に対応して  
2 次元的に配列された複数のマイクロレンズを含むマイクロレンズアレイと、  
前記画素部から出射された光を投射する投射レンズと  
を有し、

前記マイクロレンズアレイにおいて、前記各マイクロレンズは回転双曲面のレン  
ズ面を有し、かつ、レンズピッチは  $20\ \mu\text{m}$  以下である

表示装置。

【請求項 8】

前記各マイクロレンズの焦点位置が、前記各画素部に略一致する  
請求項 7 に記載の表示装置。

【請求項 9】

2次元的に配列された複数のマイクロレンズを含み、

前記各マイクロレンズは回転双曲面のレンズ面を有し、かつ、前記複数のマイクロレンズのレンズピッチは、回転双曲面のレンズ及び回転楕円面のレンズの入射光に対する集光効率を略同等に保持できるレンズピッチより小さく、回転楕円面のレンズの集光効率より高い集光効率を保持し得るピッチに設定されているマイクロレンズアレイ。

【請求項 1 0】

2次元的に配列された複数のマイクロレンズを含み、

前記各マイクロレンズは回転双曲面のレンズ面を有し、かつ、前記複数のマイクロレンズのレンズピッチは  $20\ \mu\text{m}$  以下であるマイクロレンズアレイ。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は、マイクロレンズ、マイクロレンズを備えた表示素子、およびこのような表示素子を用いた表示装置に関する。

【0 0 0 2】

【従来の技術】

液晶パネル（LCD）、デジタル・ミラー・デバイス（DMD）などのライトバルブを用いたプロジェクタの開発が盛んに行なわれている。プロジェクタには、パーソナルコンピュータのモニタ表示を主体としてデータ・プロジェクタ、ホーム・シアター用などAV主体のフロント・プロジェクタ又はリア・プロジェクタ、テレビ用途などのリア・プロジェクタがある。また、使用するライトバルブの枚数によって、1～3板式に分けられる。例えば、カラー表示を行なうものには、ライトバルブを1枚用いる単板方式と、赤（Red=R）、緑（Green=G）、青（Blue=B）の3つの色光に対応した3枚のライトバルブを用いる3板方式とがある。さらに、ライトバルブは、透過型と反射型の両方がある。

【0 0 0 3】

図 1 1 は、投射型液晶表示装置において、液晶パネルの構成例を示す図である

。図11に示された液晶パネルは、画素電極基板140Bと、画素電極基板140Bの光の入射面側に液晶層145を介して対向配設された対向基板140Aとを備えている。

#### 【0004】

画素電極基板140Bは、ガラス基板148と、このガラス基板148の光の入射面側に積層された複数の画素電極部146および複数のブラックマトリクス部147とを有している。画素電極部146およびブラックマトリクス部147は、2次元的に配列されている。各画素電極部146は、導電性を有した透明な部材によって構成されている。ブラックマトリクス部147は、隣り合う画素電極部146の間に形成されている。各ブラックマトリクス部147は、例えば金属膜などにより遮光されている。ガラス基板148上のブラックマトリクス部147に遮蔽された領域に、隣接する画素電極部146に対して、画像信号に応じて選択的に電圧を印加するための図示しないスイッチング素子が形成されている。画素電極部146に電圧を印加するためのスイッチング素子としては、例えばTFT (Thin Film Transistor) が使用される。

#### 【0005】

対向基板140Aは、光の入射側から順に、ガラス基板141と、マイクロレンズアレイ142と、マイクロレンズアレイ142が形成されたガラス基板であるカバーガラス144とを有している。ガラス基板141とマイクロレンズアレイ142との間には、樹脂層143が積層されている。

#### 【0006】

マイクロレンズアレイ142は、光源光の利用効率を高める為、液晶層の光入射側に個々の画素に対応して形成されている。図11に示すように、マイクロレンズ142Mの屈折によって、光源からの入射光が、ブラックマトリクス147や配線パターン等の遮光領域に当たらずに、画素電極部146の開口部のみに集光する。

マイクロレンズアレイ142は、屈折率が $n_2$  ( $> n_1$ ) の光学樹脂により構成され、各画素電極部146に対応して2次元的に設けられた複数のマイクロレンズ142Mを有している。図11に示すように、マイクロレンズ142Mの大



きさは画素サイズに対応している。

マイクロレンズ142Mは、光の入射側が凸形状であり、正の屈折力（パワー）を有し、ガラス基板141および樹脂層143を介して入射した光を、対応する画素電極部146に向けて集光する。マイクロレンズ142Mによって集光され開口部に入射した光が画像表示に用いられる。

#### 【0007】

従来、マイクロレンズ142を非球面形状とし球面収差が零となる条件で入射光束を画素に集光するようにしていた。例えば、マイクロレンズ142は回転楕円面や回転双曲面等の一部を切り取った非球面形状をしている。これらの非球面形状のマイクロレンズを用いると入射光束は略一点に集光させる事が可能となった。

図12は回転楕円面を有するマイクロレンズ142Mの光線追跡図である。図12に示すように、入射光束L1が楕円球面のマイクロレンズ142Mに入射し、出射光束L2が略完全に焦点Fに集光している。回転双曲面を有するマイクロレンズについても、同じ結果がある。

一方、凸球面を有するマイクロレンズの場合は、球面収差の為、出射光束が一点に集光する事ができず、ある程度の広がりを持ったスポットとなり、マイクロレンズの効率が低下する。

#### 【0008】

従来、液晶プロジェクタ用途向けの高精細液晶パネル用マイクロレンズ形成方法としては、石英基板、あるいは、ネオセラム基板など各種ガラス基板を用い、ウェットエッチング法（Wet Etching）、または、2P法（Photo Polymerization）、あるいは、ドライエッチング法（Dry Etching）などにより形成する方法が実用化されている。

エッチング法はガラス基板の表面を被覆するレジストの微小開口部からガラス基板のエッチングを行ない凹球面を形成する。この凹球面にガラス基板と屈折率の異なる透明樹脂等を充填してマイクロレンズを形成する。

2p法は、ガラス基板の表面の一点からイオンをガラス内に等方的に拡散して屈折率を局部的に変化させマイクロレンズを形成する。

## 【 0 0 0 9 】

ウェットエッチング法は等方性エッチングであり、現状、回転対称形状（例えば、球面形状）のマイクロレンズの例しかない。樹脂とガラス基板との屈折率差  $\Delta n$  によってレンズパワーを生じさせレンズ作用を持たせることになる。この場合は、基板エッチングは、等方性であるため、球面構造あるいは、円柱状などの回転対称形状しか形成できない。現状では、球面構造が一般的である。

ドライエッチング法では、半導体形成技術を応用し、球面以外の非球面形状形成も可能である。

2 p 法は、非常に精密に制御でき、レンズ形状制御に優れた方法で、非球面形状のレンズ形状なども形成可能である。

2 p 法もドライエッチング法でも非球面形成可能であるが、比較的容易に回転楕円体を形成できた。

## 【 0 0 1 0 】

このように、非球面形状のマイクロレンズを用いることから、球面収差がないので、球面収差によるマイクロレンズを透過した光の発散がなく、投影レンズの F ナンバー（投射レンズが受けとめられる角度）範囲内で十分高い効率で集光でき、球面レンズより集光効率が優れている。楕円体レンズは容易に製造でき、また、そのため、従来、回転楕円形状のマイクロレンズが広く使われていた。

特許文献 1 は、楕円球面形状または回転双曲面形状の非球面形状のマイクロレンズを用いた表示装置を開示している。

## 【 0 0 1 1 】

## 【特許文献 1】

特開平 9 - 1 2 7 4 9 6 号公報

## 【 0 0 1 2 】

## 【発明が解決しようとする課題】

近年、液晶プロジェクタは、液晶パネルの小型化及び画素の高精細化が進展している。液晶パネルのサイズが小さくなると、図 1 3 が図解しているように、これに比例して画素サイズが微細化するので、マイクロレンズ自身も配列ピッチも小さくなる。これに伴って、カバーガラスも薄くする必要が生じてくる。

図 1 3 (A) は、図 1 1 に示した液晶パネルの位置画素分を拡大した模式図である。マイクロレンズ 1 4 2 M は、光源からの入射光を集光し、ブラックマトリクス 1 4 7、配線パターンなどに囲まれた画素電極部 1 4 6 の開口部に照射する。

図 1 3 (B) は、画素サイズと画素ピッチが縮小化された場合を表わしている。画素ピッチの縮小化、即ち液晶パネルの高精細化に伴い、マイクロレンズ 1 4 2 M 自身も相似的に小さくする必要がある。これにより、マイクロレンズ 1 4 2 M が短焦点化し、カバーガラス 1 4 4 も極薄に加工する必要がある。また、画素サイズが縮小化されると、画素電極部 1 4 6 の開口部のサイズも比較的になくなるので、光を投影して画像を表示するスクリーン上に高い照明輝度を保つ措置も必要である。

#### 【 0 0 1 3 】

具体的に、画素ピッチは  $20\ \mu\text{m}$  以上の場合に、開口率が 40 % 以上、焦点距離は  $40\ \mu\text{m}$  以上であれば、楕円体のマイクロレンズ 1 4 2 が良好な性能を示しているが、画素ピッチが小さくなると、それに伴い、開口率が小さくなり、さらに、短焦点化が進むと、楕円体マイクロレンズ 1 4 2 は、焦点距離のばらつき及びカバーガラス 1 4 4 の厚さに対して集光効率のばらつきが大きくなり、それにより、輝度変化が大きくなる傾向がある。

#### 【 0 0 1 4 】

したがって、高精細化の場合、楕円体マイクロレンズ 1 4 2 を用いると、焦点距離の微細な制御を行なう必要があり、カバーガラス 1 4 4 の極薄化が要求される。これにより、カバーガラス 1 4 4 を製造する段階では、樹脂厚制御や研磨精度を高くすることが必要であり、これらは、技術的に難しく、コストの上昇につながる。

例えば、カバーガラス 1 4 4 を実厚で  $30\ \mu\text{m}$  以下に薄くしようとする、マイクロレンズ 1 4 2 M を構成する光学樹脂の効果収縮、若しくは、熱膨張率の差により、応力が生じ、カバーガラス 1 4 4 のうねりや反りが起きる。一般的に、実厚  $20\ \mu\text{m}$  のカバーガラス 1 4 4 は、既存加工技術の限界になると思われる。

## 【 0 0 1 5 】

本発明はかかる問題点に鑑みてなされたもので、その目的は、高精細化表示に対応できる表示素子、表示装置、及びマイクロレンズアレイを提供することにある。

## 【 0 0 1 6 】

## 【課題を解決するための手段】

本発明の表示素子は、2次元的に配列された、画素ピッチが $20\mu\text{m}$ 以下である複数の画素部と、前記画素部に対して光の入射側または出射側に、前記複数の画素部に対応して2次元的に配列された複数のマイクロレンズを含むマイクロレンズアレイとを有し、前記マイクロレンズアレイにおいて、前記各マイクロレンズは回転双曲面のレンズ面を有し、かつ、前記複数のマイクロレンズのレンズピッチは、回転双曲面のレンズ及び回転楕円面のレンズの入射光に対する集光効率を略同等に保持できるレンズピッチより小さく、回転楕円面のレンズの集光効率より高い集光効率を保持し得るピッチに設定されている。

好ましくは、前記各マイクロレンズの焦点位置が、前記各画素部に略一致する。

## 【 0 0 1 7 】

また、本発明の表示素子は、2次元的に配列された、画素ピッチが $20\mu\text{m}$ 以下である複数の画素部と、前記画素部に対して光の入射側または出射側に、前記複数の画素部に対応して2次元的に配列された複数のマイクロレンズを含むマイクロレンズアレイとを有し、前記マイクロレンズアレイにおいて、前記各マイクロレンズは回転双曲面のレンズ面を有し、かつ、レンズピッチは $20\mu\text{m}$ 以下である。

好ましくは、前記各マイクロレンズの焦点位置が、前記各画素部に略一致する。

## 【 0 0 1 8 】

本発明の表示装置は、2次元的に配列された、画素ピッチが $20\mu\text{m}$ 以下である複数の画素部と、前記画素部を照明する照明光を発する光源と、前記画素部に対して光の入射側または出射側に、前記複数の画素部に対応して2次元的に配列

された複数のマイクロレンズを含むマイクロレンズアレイと、前記画素部から出射された光を投射する投射レンズとを有し、前記マイクロレンズアレイにおいて、前記各マイクロレンズは回転双曲面のレンズ面を有し、かつ、前記複数のマイクロレンズのレンズピッチは、回転双曲面のレンズ及び回転楕円面のレンズの入射光に対する集光効率を略同等に保持できるレンズピッチより小さく、回転楕円面のレンズの集光効率より高い集光効率を保持し得るピッチに設定されている。

好ましくは、前記各マイクロレンズの焦点位置が、前記各画素部に略一致する。

#### 【0019】

また、本発明の表示装置は、2次元的に配列された、画素ピッチが $20\mu\text{m}$ 以下である複数の画素部と、前記画素部を照明する照明光を発する光源と、前記画素部に対して光の入射側または出射側に、前記複数の画素部に対応して2次元的に配列された複数のマイクロレンズを含むマイクロレンズアレイと、前記画素部から出射された光を投射する投射レンズとを有し、前記マイクロレンズアレイにおいて、前記各マイクロレンズは回転双曲面のレンズ面を有し、かつ、レンズピッチは $20\mu\text{m}$ 以下である。

好ましくは、前記各マイクロレンズの焦点位置が、前記各画素部に略一致する。

#### 【0020】

本発明のマイクロレンズアレイは、2次元的に配列された複数のマイクロレンズを含み、前記各マイクロレンズは回転双曲面のレンズ面を有し、かつ、前記複数のマイクロレンズのレンズピッチは、回転双曲面のレンズ及び回転楕円面のレンズの入射光に対する集光効率を略同等に保持できるレンズピッチより小さく、回転楕円面のレンズの集光効率より高い集光効率を保持し得るピッチに設定されている。

#### 【0021】

また、本発明のマイクロレンズアレイは、2次元的に配列された複数のマイクロレンズを含み、前記各マイクロレンズは回転双曲面のレンズ面を有し、かつ、前記複数のマイクロレンズのレンズピッチは $20\mu\text{m}$ 以下である。

## 【 0 0 2 2 】

以上の本発明によれば、レンズピッチは  $20\ \mu\text{m}$  以下の回転双曲面形状のマイクロレンズが2次元的に配列されて、各マイクロレンズに入射した光は対応する各画素部に集光する。レンズピッチは  $20\ \mu\text{m}$  以下の回転双曲面形状のマイクロレンズは、焦点距離及びマイクロレンズと画素部との距離のばらつきがあっても、集光効率が低下せずに、サイズが  $20\ \mu\text{m}$  以下の画素部に集光する。

## 【 0 0 2 3 】

## 【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態について図面を参照して詳細に説明する。本発明の表示素子及び表示装置の一例として、液晶表示素子及び投影型液晶表示装置を用いて述べる。

第1の実施形態

図1は、本発明の第1の実施形態に係る液晶表示装置の概略構成を示している。この液晶表示装置は、光軸10に沿って、光源1と、一對の第1のレンズアレイ2、第2のレンズアレイ（以下、「MLA」と記す。）3と、PS合成素子4と、コンデンサレンズ5と、フィールドレンズ6と、液晶パネル7と、投射レンズ8とを順番に備えている。図1において省略されたが、図1の液晶表示装置は、赤色（R）、緑色（G）、青色（B）3色の光での表示に用いる3枚の液晶パネルを備えている、いわゆる、3板式透過型液晶プロジェクタであり、光源1からの白色光をR、G、B3色の光束に分離する、例えば、ダイクロイックミラーと、3つの色光を合成する機能を有するクロスプリズムとを備えている。

MLA2とMLA3には、それぞれ複数の微小レンズ2M、3Mが2次元的に配列されている。PS合成素子4には、第2のMLA3における隣り合うレンズ間に対応する位置に、複数の1/2波長板4Aが設けられている。

## 【 0 0 2 4 】

MLA2とMLA3は、光源1から発せられた照明光を複数の小光束に分割し、PS合成素子4に入射する。

PS合成素子4は、入射光L10を光軸10に垂直な面内において互いに直交する偏光光L11、L12（P偏光成分およびS偏光成分）に分離し、さらに、

分離された偏光光 L 1 1, L 1 2 の偏光方向が特定の方向に揃えられる。

【 0 0 2 5 】

液晶パネル 7 は、P S 合成素子 4 から出射され、コンデンサレンズ 5 およびフィールドレンズ 6 を経て照射された光を画像信号に応じて空間的に変調して出射する。

投射レンズ 8 は、液晶パネル 7 から出射された光を図示しないスクリーンに投射し、スクリーン上に画像を形成する。

なお、図 1 において、紙面内光軸 1 0 と直交する方向を水平方向、紙面と垂直な方向を垂直方向と呼ぶ。

【 0 0 2 6 】

図 2 は、液晶パネル 7 の構成の一例を示す断面図である。

図 2 に示すように、液晶パネル 7 は、画素電極基板 4 0 B と、画素電極基板 4 0 B の光の入射面側に液晶層 4 5 を介して対向配設された対向基板 4 0 A とを備えている。

【 0 0 2 7 】

画素電極基板 4 0 B は、ガラス基板 4 8 と、ガラス基板 4 8 の光の入射面側に積層された複数の画素電極部 4 6 および複数のブラックマトリクス部 4 7 とを有している。画素電極部 4 6 およびブラックマトリクス部 4 7 は、2 次元的に配列されている。各画素電極部 4 6 は、導電性を有した透明な部材によって構成されている。ブラックマトリクス部 4 7 は、隣り合う画素電極部 4 6 の間に形成されている。各ブラックマトリクス部 4 7 は、例えば金属膜などにより遮光されている。ガラス基板 4 8 上に、ブラックマトリクス部 4 7 に遮蔽された領域に、隣接する画素電極部 4 6 に対して、画像信号に応じて選択的に電圧を印加するための図示しないスイッチング素子が形成されている。画素電極部 4 6 に電圧を印加するためのスイッチング素子としては、例えば T F T が使用される。

【 0 0 2 8 】

対向基板 4 0 A は、光の入射側から順に、ガラス基板 4 1 と、マイクロレンズアレイ 4 2 と、マイクロレンズアレイ 4 2 が形成されたガラス基板であるカバーガラス 4 4 とを有している。ガラス基板 4 1 とマイクロレンズアレイ 4 2 との間

には、樹脂層 4 3 が積層されている。なお、図示しないが、カバーガラス 4 4 と液晶層 4 5 との間には、画素電極部 4 6 との間で電位を発生させるための対向電極が配設されている。樹脂層 4 3 は、屈折率が  $n_1$  の光学樹脂により構成されている。

## 【 0 0 2 9 】

マイクロレンズアレイ 4 2 は、屈折率が  $n_2$  ( $> n_1$ ) の光学樹脂により構成され、各画素電極部 4 6 に対応して 2 次元的に設けられ、1 ピクセルにつき光軸方向に 1 面もしくは複数面の集光用レンズ面を配置された複数のマイクロレンズ 4 2 M を有する。

本実施形態において、液晶パネル 7 は小型化、高精細化されたので、図 2 に示された画素ピッチは  $20 \mu\text{m}$  以下である。それに対応して、マイクロレンズアレイ 4 2 は、レンズピッチ (LP) が  $20 \mu\text{m}$  以下で形成されている。

## 【 0 0 3 0 】

レンズピッチは  $20 \mu\text{m}$  以下になると、マイクロレンズ 4 2 M の焦点距離のばらつき、及びレンズエッジから液晶層 4 5 までの光学樹脂の厚さのばらつきにより、マイクロレンズアレイ 4 2 の集光効率が変動し、スクリーン上に表示輝度が変動または低下する恐れがある。

本実施形態では、各マイクロレンズ 4 2 M を回転双曲面形状で形成し、これによって、レンズピッチは  $20 \mu\text{m}$  以下の場合に、マイクロレンズ 4 2 M の焦点距離のばらつき、及びレンズエッジから液晶層 4 5 までの光学樹脂の厚さのばらつきがあっても、マイクロレンズアレイ 4 2 の集光効率が大きく変動しない。

## 【 0 0 3 1 】

マイクロレンズ 4 2 M の回転双曲面のレンズ面は次の式 1 で定義される。式 1 において、 $Z$  はレンズ曲線を表わす関数であり、 $CV$  は曲率半径、 $\rho$  はレンズ半径、 $CC$  は非球面定数をそれぞれ表わす。各パラメータは、図 2 に示されている。

式において、非球面定数  $CC < -1$  の場合、関数  $Z$  は双曲面を表わし、 $-1 < CC < 0$  の場合は、 $Z$  は楕円を表わし、 $CC = -1$  の場合、放物面を表わす。

## 【 0 0 3 2 】



【数 1】

$$Z = \frac{\rho^2 / CV}{1 + \sqrt{1 - (1 + CC)\rho^2 / CV^2}} \quad (1)$$

【0033】

また、特許文献 1 に示されたように、マイクロレンズ 42M の回転双曲面形状、及びマイクロレンズ 42M のレンズ面両側の光学樹脂の屈折率  $n_1$ 、 $n_2$  は、球面収差がゼロとなる条件を満たしており、入射光束を球面収差が無く画素電極部 46 の開口部に集光する。

【0034】

各マイクロレンズ 42M の焦点位置が、画素電極部の開口部の位置に略一致するように構成されている。

マイクロレンズ 42M は、光の入射側が凸形状であるので、正の屈折力（パワー）を有し、ガラス基板 41 および樹脂層 43 を介して入射した光を、対応する画素電極部 46 に向けて集光する。後段の投射レンズ 8 に十分な F ナンバーが確保されていれば、液晶パネルに入射した光のうち、マイクロレンズ 42M によって集光され、画素電極部 46 の開口部に入射した光が画像表示に利用可能な有効な光となる。

マイクロレンズ 42M を設けることから、画素電極部 46 の開口部に多くの光を入射させることができ、実効開口率を上げ、光利用効率を向上させることができる。

【0035】

以上のマイクロレンズアレイ 42 の光学特性についてシミュレーションを行った、次に、そのシミュレーションの結果を説明する。

マイクロレンズを製造する段階で、レンズをガラス基板上に転写するときに、屈折率やエッチング等のばらつきにより、レンズの焦点距離  $f$  は  $\pm 10 \mu\text{m}$  程度変動すると考えられる。マイクロレンズ 42M から液晶層 45 までの光学樹脂の厚さも、研磨等のばらつきにより、 $\pm 10 \mu\text{m}$  程度変動すると考えられる。

次に説明するシミュレーションは、以上の変動があった時に、マイクロレンズの集光効率の変化を考察する。

ここで、焦点距離とは、図2に示すように、マイクロレンズ42Mの主点から、光束が収束され輝度が最大になる位置までの光学距離という。即ち、かかる各層の実厚を空気中の光学距離に変換した値である。図3～図8において、このような定義を用いる。

#### 【0036】

図3において、横軸は、図2に示すように、マイクロレンズ42Mのエッジからカバーガラス44と液晶層45の界面までの光学距離Sであり、即ち、マイクロレンズ42Mを構成する樹脂の実厚とその樹脂の屈折率の積と、カバーガラス44の実厚とその屈折率の積との和と定義する。以下「光学距離」と呼ぶ。

また、縦軸は、マイクロレンズ42Mの集光効率であり、以下、ML効率と呼ぶ。ML効率は、液晶パネル7を用いて、対向基板40Aにマイクロレンズアレイ42を装着してない場合に光学系投影スクリーン上の輝度に対する、対向基板40Aにマイクロレンズアレイ42を装着した場合の同一光学系でのスクリーンの輝度の比である。

図3のシミュレーションでは、一例として、レンズピッチLPを $14\mu\text{m}$ とする。また、双曲面の非球面定数CCは $-1.290$ である。グラフa、b、c、d、eは、レンズピッチLPが $14\mu\text{m}$ となる双曲面マイクロレンズアレイ42について、焦点距離fが $25\mu\text{m}$ 、 $30\mu\text{m}$ 、 $35\mu\text{m}$ 、 $40\mu\text{m}$ 、 $45\mu\text{m}$ となるマイクロレンズ42Mは、ML効率の光学距離Sによる変化のシミュレーションの結果を示している。

#### 【0037】

図3のシミュレーションでは、光源1はUHPタイプであり、そのランプのアーケ長が $1.4\text{mm}$ である。第1のレンズアレイ2と第2のレンズアレイ3は、例えば、それぞれ8（垂直）×6（水平）個の微小レンズから構成される。液晶パネル7に対する入射光発散角は、主光線に対して、垂直方向 $9^\circ$ 、水平方向 $10^\circ$ となっている。また、画素電極部46の開口率APRが40%とし、投射レンズ8のFナンバーは、F1.7である。

#### 【0038】

図3に示すように、レンズピッチが $14\mu\text{m}$ となる双曲面マイクロレンズ42

Mを用いる場合、焦点距離  $f$  が  $45\ \mu\text{m} \sim 25\ \mu\text{m}$  の範囲に変動した場合、ML効率の減少が少なく、その減少率は約16%にとどまる。また、焦点距離  $f$  が  $45\ \mu\text{m} \sim 25\ \mu\text{m}$  の範囲に変動し、かつ、光学距離  $S$  が  $20\ \mu\text{m} \sim 30\ \mu\text{m}$  の範囲に変動した場合、ML効率を約1.5以上保つことができる。 $S$  は約  $18\ \mu\text{m}$  になるときに、ML効率が1.7~1.8であり、最大となる。

したがって、レンズピッチ  $14\ \mu\text{m}$  の双曲面マイクロレンズ42Mを用いれば、焦点距離  $f$  が  $45\ \mu\text{m} \sim 25\ \mu\text{m}$  のばらつき、光学距離  $S$  が  $20\ \mu\text{m} \sim 30\ \mu\text{m}$  のばらつきがあっても、高輝度の表示に十分なML効率を確保できる。即ち、焦点距離  $f$  及び光学距離  $S$  のばらつきに対して、輝度変化のマージンがある。

また、光学距離  $S$  が比較的長くても ( $30\ \mu\text{m}$  まで)、高輝度の表示に十分なML効率を確保できる。

#### 【0039】

図3の双曲面マイクロレンズのシミュレーションの比較例として、図4は、レンズ面が回転楕円体形状であり、レンズピッチが  $14\ \mu\text{m}$  であるマイクロレンズアレイについてのシミュレーション結果を示す。回転楕円体の形状は、式1で定義され、非球面定数  $CC$  は  $-0.775$  である。

図4では、グラフ a、b、c、d、e は、レンズピッチ  $LP$  が  $14\ \mu\text{m}$  となる楕円体マイクロレンズアレイについて、焦点距離  $f$  が  $30\ \mu\text{m}$ 、 $35\ \mu\text{m}$ 、 $40\ \mu\text{m}$ 、 $45\ \mu\text{m}$ 、 $50\ \mu\text{m}$  のマイクロレンズは、ML効率の光学距離  $S$  による変化のシミュレーションの結果を示している。

#### 【0040】

光学系の条件は、図3のシミュレーションと同様である。即ち、光源1はUHPタイプであり、そのランプのアーケ長が  $1.4\ \text{mm}$  であり、第1のレンズアレイ2と第2のレンズアレイ3は、それぞれ8 (垂直)  $\times$  6 (水平) 個の微小レンズから構成され、液晶パネル7に対する入射光発散角は、主光線に対して、垂直方向  $9^\circ$ 、水平方向  $10^\circ$  となっている。また、画素電極部46の開口率  $APR$  が40%とし、投射レンズ8のFナンバーは、 $F1.7$  である。

#### 【0041】

図4に示すように、レンズピッチ  $14\ \mu\text{m}$  の回転楕円体マイクロレンズは、焦

点距離  $f$  が  $35\ \mu\text{m}$  以上であれば、光学距離  $S$  が  $30\ \mu\text{m}$  まで変動しても、ML 効率を約 1.5 以上に保つことができる。光学距離  $S$  は約  $18\ \mu\text{m}$  に、ML 効率が 1.7~1.8 であり、最大となる。以上の結果は、図 3 に示された双曲面マイクロレンズは焦点距離が  $25\ \mu\text{m}$ ~ $45\ \mu\text{m}$  の範囲での結果と同じである。

しかし、図 4 に示すように、回転楕円体マイクロレンズの焦点距離  $f$  がさらに短くなり、 $f = 30\ \mu\text{m}$  の場合、ML 効率が大幅に減少し、光学距離  $S$  は約  $12\ \mu\text{m}$  で ML 効率が最大値 1.6 となるが、光学距離  $S$  が  $30\ \mu\text{m}$  の時に、ML 効率が 1.2 まで減少し、焦点距離  $f$  が  $35\ \mu\text{m}$  以上の ML 効率と比べ、約 30% 減少する。

#### 【0042】

即ち、レンズピッチ  $14\ \mu\text{m}$  の楕円体マイクロレンズは、焦点距離  $f$  が  $45\ \mu\text{m}$ ~ $35\ \mu\text{m}$  のばらつき、 $S$  が  $20\ \mu\text{m}$ ~ $30\ \mu\text{m}$  のばらつきがあった場合、高輝度の表示に十分な ML 効率を確保できる。しかし、焦点距離  $f$  が  $30\ \mu\text{m}$  以下になると、比較的長い  $S$  で ( $30\ \mu\text{m}$  まで)、ML 効率が大幅に低下し、十分な ML 効率を確保できなくなる。

従がって、楕円体マイクロレンズは、焦点距離  $f$  及び光学距離  $S$  のばらつきに対して、輝度変化のマージンが双曲面マイクロレンズより小さいことが分る。

#### 【0043】

図 5 は、図 3 と図 4 のシミュレーションに用いられた回転双曲面マイクロレンズと回転楕円体レンズについて、レンズピッチが  $14\ \mu\text{m}$  の場合に、ML 効率がレンズの焦点距離  $f$ 、及び画素電極部 46 の開口率  $APR$  により変化する傾向のシミュレーションの結果を示している。図 5 において、縦軸は ML 効率、横軸はマイクロレンズの焦点距離  $f$  である。

具体的には、グラフ a、b は、楕円体マイクロレンズアレイ及び双曲面マイクロレンズアレイは、画素部開口率  $APR$  が 40% の場合に、ML 効率の焦点距離  $f$  による変化、c、b は、楕円体マイクロレンズアレイ及び双曲面マイクロレンズアレイは、画素部開口率  $APR$  が 30% の場合に、ML 効率の焦点距離  $f$  による変化のシミュレーションの結果を示している。

シミュレーションに用いられた光学系の条件は、図 3 と図 4 のシミュレーショ

ンと同様である。回転双曲面と回転楕円体が式 1 で定義され、それぞれの非球面定数  $CC$  は  $-1.290$ 、 $-0.775$  である。また、図 5 のシミュレーションにおいて、回転双曲面と回転楕円体ともに、光学距離  $S$  を一定にし、 $18\mu\text{m}$  とする。

#### 【0044】

図 5 に示すように、画素部開口率  $APR$  が変化すると、レンズピッチ  $14\mu\text{m}$  の回転双曲面マイクロレンズと回転楕円体マイクロレンズの  $ML$  効率がともに変化する。焦点距離  $f$  が  $35\mu\text{m}$  以上の場合は、回転双曲面マイクロレンズと回転楕円体マイクロレンズの  $ML$  効率が略同じであり、しかも、開口率  $APR$  に従って略同じように変化する。

しかし、焦点距離  $f$  が  $35\mu\text{m}$  以下になると、回転楕円体マイクロレンズの  $ML$  効率が急激に減少する。それに対して、回転双曲面マイクロレンズの  $ML$  効率が略一定に保たれ、 $f$  が  $22\mu\text{m}$  になるまで、あまり大きく変動しない。

従って、楕円体マイクロレンズに比べ、開口率  $APR$  が変動しても、双曲面マイクロレンズが、焦点距離のばらつきに対しての輝度変化のマージンがあることが分る。

#### 【0045】

図 6 は、レンズピッチ ( $LP$ ) が  $2.0\mu\text{m}$  の場合に、回転双曲面マイクロレンズと回転楕円体レンズについて、 $ML$  効率及びその最大値がレンズの焦点距離  $f$  により変化する傾向のシミュレーション結果を示している。図 6 において、縦軸は  $ML$  効率、横軸はマイクロレンズの焦点距離  $f$  である。

具体的には、グラフ a は、楕円体マイクロレンズアレイについて、 $ML$  効率の焦点距離  $f$  による変化、グラフ b は、双曲面マイクロレンズアレイについて、 $ML$  効率の焦点距離  $f$  による変化のシミュレーションの結果を示している。

図 6 は、焦点距離のばらつきによる楕円体及び双曲面マイクロレンズアレイの  $ML$  効率のばらつきを反映している。

#### 【0046】

図 6 のシミュレーションに用いられた光学系の条件は、図 3 と図 4 のシミュレーションと同様である。即ち、光源 1 は UHP タイプであり、ランプのアーケ長

が1.4 mmである。第1のレンズアレイ2と第2のレンズアレイ3は、それぞれ8（垂直）×6（水平）個の微小レンズから構成される。液晶パネル7に対する入射光発散角は、主光線に対して、垂直方向9°、水平方向10°となっている。

回転双曲面と回転楕円体が式1で定義され、それぞれの非球面定数CCは-1.290、-0.775である。また、図6のシミュレーションにおいて、回転双曲面と回転楕円体ともに、光学距離Sを一定にし、 $22\mu\text{m}$ とする。また、画素電極部46の開口率APRが30%、投射レンズ8のFナンバーは、F1.7である。

#### 【0047】

図6に示すように、レンズピッチLPが $20\mu\text{m}$ の場合に、楕円体形状に比べ双曲面形状の方がML効率がやや高くなっている。図6によれば、双曲面形状レンズアレイのML効率は1.32であり、楕円体形状レンズアレイのML効率1.31となっている。

#### 【0048】

図7は、図6のシミュレーションと同じ光学系条件で、レンズピッチLPが $22\mu\text{m}$ の場合に、回転双曲面マイクロレンズと回転楕円体レンズについて、ML効率及びその最大値がレンズの焦点距離fにより変化する傾向のシミュレーション結果を示している。図7において、記号の定義も図6と同じである。

#### 【0049】

図7に示すように、レンズピッチLPが $22\mu\text{m}$ の場合に、楕円体形状のレンズアレイと双曲面形状のレンズアレイのML効率が同じである。図7によれば、双曲面形状と楕円体形状のレンズアレイのML効率はとも1.14となっている。

従って、図6と図7によれば、レンズピッチLPが $20\mu\text{m}$ の所から、楕円体形状と双曲面形状のレンズアレイのML効率の差が出てきている。

#### 【0050】

レンズピッチLPが $20\mu\text{m}$ 以下場合の他の比較例として、図8は、回転双曲面マイクロレンズと回転楕円体レンズについて、レンズピッチが $22\mu\text{m}$ の場合

に、マイクロレンズアレイの集光効率の光学距離  $S$  による変化のシミュレーションの結果を示す。

図8では、マイクロレンズのレンズ面は、式1で定義され、回転楕円体の場合に、非球面定数  $CC$  が  $-0.826$  であり、回転双曲面の場合に、非球面定数  $CC$  が  $-1.1$  である。

図8において、縦軸のML効率、及び横軸の光学  $S$  の定義は、図3、図4と同様である。グラフa、b、cは、楕円体マイクロレンズアレイの結果を示し、焦点距離  $f$  がそれぞれ  $75\mu\text{m}$ 、 $85\mu\text{m}$ 、 $65\mu\text{m}$  である。グラフdは、双曲面マイクロレンズアレイの結果を示し、焦点距離  $f$  が  $68\mu\text{m}$  である。

#### 【0051】

図8のシミュレーションの光学条件としては、光源1はアーク長が  $1.4\text{mm}$  のUHPタイプであり、第1のレンズアレイ2と第2のレンズアレイ3は、それぞれ  $12$  (垂直)  $\times 8$  (水平) 個の微小レンズから構成され、液晶パネル7に対する入射光発散角は、主光線に対して、垂直方向  $9^\circ$ 、水平方向  $11^\circ$  となっている。また、画素電極部46の開口率  $APR$  が  $50\%$  とし、投射レンズ8のFナンバーは、 $F1.7$  である。

#### 【0052】

図8に示すように、レンズピッチ  $LP$  が  $22\mu\text{m}$  の場合、焦点距離  $f$  が異なる回転双曲面マイクロレンズと回転楕円体マイクロレンズは、光学距離  $S$  の全変動範囲において、略同じML効率の値及び同じ変化傾向を示している。

#### 【0053】

従がって、図3～図8のシミュレーションから分るように、マイクロレンズアレイのレンズピッチが  $20\mu\text{m}$  以上の場合、回転双曲面マイクロレンズと回転楕円体マイクロレンズは、略同じ光学特性を示す。

しかし、液晶パネルの小型化と高精細化に伴い、開口率、画素ピッチが小さくなってきた場合、レンズピッチが短くなり、具体的に、レンズピッチが  $20\mu\text{m}$  以下となる。これに応じて、焦点距離が短くなり、レンズエッジからカバーガラス表面までの厚さ  $S$  を薄くしていかなければならない。回転楕円体マイクロレンズが以上のレンズピッチが  $20\mu\text{m}$  以下の場合の各要求に満足できず、回転双曲

面マイクロレンズが良好な光学特性を示している。

## 【 0 0 5 4 】

表 1 は、レンズピッチ  $LP$  が  $14\ \mu\text{m}$  の回転双曲面マイクロレンズと回転楕円体マイクロレンズについて、画素部の開口率  $APR$  が  $40\%$ 、 $ML$  効率が最大となるマイクロレンズの曲率半径  $CV$ 、焦点距離  $f$ 、非球面定数  $CC$ 、及びレンズの深さ  $D$  を比較したものである。曲率半径  $CV$ 、焦点距離  $f$ 、非球面定数  $CC$ 、及びレンズの深さ  $D$  が図 2 に示されている。

表 1 に示すように、マイクロレンズのレンズ面は、式 1 で定義され、回転楕円体の場合に、非球面定数  $CC$  が  $-0.775$  であり、回転双曲面の場合に、非球面定数  $CC$  が  $-1.290$  である。

## 【 0 0 5 5 】

表 1 に示すように、レンズピッチ  $LP$  が  $14\ \mu\text{m}$  の楕円体マイクロレンズは、 $ML$  効率が最大となる曲率半径  $CV$ 、焦点距離  $f$ 、及びレンズの深さ  $D$  がそれぞれ  $7.6\ \mu\text{m}$ 、 $40\ \mu\text{m}$ 、 $7.22\ \mu\text{m}$  となる。一方、レンズピッチ  $LP$  が  $14\ \mu\text{m}$  の双曲面マイクロレンズは、 $ML$  効率が最大となる曲率半径  $CV$ 、焦点距離  $f$ 、及びレンズの深さ  $D$  がそれぞれ  $6.65\ \mu\text{m}$ 、 $35\ \mu\text{m}$ 、 $6.46\ \mu\text{m}$  となり、楕円体マイクロレンズより小さい。

即ち、楕円体マイクロレンズに比べ、レンズピッチ  $14\ \mu\text{m}$  の双曲面マイクロレンズは、レンズ形状を小さくでき、特に、レンズの深さ  $D$  が小さいので、レンズが浅くできる。これにより、双曲面マイクロレンズは、技術的に作製しやすくなる。楕円体マイクロレンズは、焦点距離が短くなるのに伴いレンズ周辺部分の曲率がきつくなりレンズ深さが深くなる傾向がある。

## 【 0 0 5 6 】



【表 1】

	楕円	双曲面
C V	$7.6 \mu\text{m}$	$6.65 \mu\text{m}$
f	$40 \mu\text{m}$	$35 \mu\text{m}$
C C	-0.775	-1.290
D	$7.22 \mu\text{m}$	$6.46 \mu\text{m}$

## 【0057】

次に、以上の本実施形態の表示装置の動作を説明する。

図 1 に示された液晶表示装置では、光源 1 から発せられた照明光が、MLA 2、3 を透過し、複数の小光束に分割され、PS 合成素子 4 に入射される。PS 合成素子 4 に入射する光 L 1 0 は、2 種類（P 偏光成分および S 偏光成分）の偏光光 L 1 1、L 1 2 に分離され、分離された偏光光 L 1 1、L 1 2 のうち、一方の偏光光 L 1 1 は、その偏光方向（例えば P 偏光）を保ったまま PS 合成素子 4 から出射され、他方の偏光光 L 1 2（例えば S 偏光成分）は、1/2 波長板 4 A により、他の偏光成分（例えば P 偏光成分）に変換され、分離された 2 つの偏光光 L 1 1、L 1 2 の偏光方向が特定の方向に揃えられて出射される。

## 【0058】

PS 合成素子 4 を出射した光は、コンデンサレンズ 5 およびフィールドレンズ 6 を経て、液晶パネル 7 に照射される。MLA 2 と MLA 3 によって分割された各小光束は、コンデンサレンズ 5 の焦点距離と第 2 MLA 3 に設けられたレンズ 3 M の焦点距離とで決まる拡大率で拡大され、液晶パネル 7 の入射面全体を照射する。これにより、液晶パネル 7 の入射面には、複数の拡大された光束が重畳され、全体的に均一な照明がなされる。液晶パネル 7 に照射された光は、双曲面レンズ面の複数のマイクロレンズ 4 2 M から構成され、レンズピッチが  $20 \mu\text{m}$  以下のマイクロレンズアレイ 4 2 によって集光され、各マイクロレンズ 4 2 M に対応する画素ピッチ  $20 \mu\text{m}$  以下の画素部の開口部に収束され、液晶層 4 5 により、画素電極部 4 6 に印加された画像信号に対応する駆動信号に応じて空間的に変

調され出射される。液晶パネル 7 を出射した光は、投射レンズ 8 によって図示しないスクリーンに投射され、スクリーン上に画像を形成する。

#### 【 0 0 5 9 】

以上の本実施形態によれば、レンズピッチが  $20\ \mu\text{m}$  以上の場合、回転双曲面マイクロレンズと回転楕円体マイクロレンズは、略同じ光学特性を示しているが、液晶パネルの小型化と高精細化に伴い、開口率、画素ピッチが小さくなるのにつれて、焦点距離が短く、レンズエッジからカバーガラス表面までの厚さ  $S$  が薄くなった場合であっても、回転双曲面マイクロレンズは依然高い集光効率を維持できる。特に、レンズピッチが  $20\ \mu\text{m}$  以下の場合、回転双曲面マイクロレンズは回転楕円体マイクロレンズより、良好な光学特性を示しており、焦点距離のばらつき及びレンズエッジからカバーガラス表面までの厚さ  $S$  のばらつきに対して集光効率のマージンが大きく、カバーガラスを極薄しなくても良く、高精細度表示に適用できる。

また、双曲面マイクロレンズがレンズ形状を浅くできるので、容易に製造することが可能である。

#### 【 0 0 6 0 】

### 第 2 の実施形態

図 9 は、本発明の第 2 の実施形態に係る液晶表示装置の概略構成を示している。

図 9 に示されたのは、3 板式反射型プロジェクタ装置であり、反射層が液晶パネルに内蔵されている。

なお、第 1 の実施形態と同じ構成に同じ符号を用い、説明を省略する。

#### 【 0 0 6 1 】

図 10 の液晶表示装置は、光源 1、一対の第 1 のレンズアレイ 2、第 2 のレンズアレイ（以下、「MLA」と記す。）3 と、PS 合成素子 4 と、コンデンサレンズ 5 と、第 1 の分離ミラー 66、第 2 の色分離ミラー 67、反射ミラー 68、第 1 の偏光ビームスプリッタ（PBS）69R、第 2 の偏光ビームスプリッタ 69G、第 3 の偏光ビームスプリッタ 69B、第 1 反射型液晶パネル 70R、第 2 反射型液晶パネル 70G、第 3 反射型液晶パネル 70B、色合成プリズム 71、

投射レンズ 7 2、およびスクリーン 7 3 を有している。

【 0 0 6 2 】

コンデンサレンズ 5 は、P S 合成素子 4 を出射した光をほぼ平行な光束に変換し、第 1 の色分離ミラー 6 6 に向けて出射する。第 1 の色分離ミラー 6 6 は、コンデンサレンズ 5 より出射された照明光の光路上で、所定波長の光（図 9 において、緑色光）を反射ミラー 6 8 の方向に反射する。残りの照明光が第 1 の色分離ミラー 6 6 を透過する。第 2 の色分離ミラー 6 7 は、第 1 の色分離ミラー 6 6 を通過した照明光の光路上で、所定波長の照明光（図 9 において、赤色光）を第 1 の偏光ビームスプリッタ 6 9 R に反射する。残りの照明光（図 9 において、青色光）が第 3 の偏光ビームスプリッタ 6 9 B に入射する。これらにより、光源 1 より出射された照明光は、R（赤）、G（緑）、B（青）の照明光に分離される。

【 0 0 6 3 】

第 1 の偏光ビームスプリッタ 6 9 R は、入射した照明光のうち、所定偏光面の照明光が第 1 反射型液晶パネル 7 0 R に向けて反射し、この偏光面と直交する偏光面の照明光は第 1 の偏光ビームスプリッタ 6 9 R を透過する。

第 1 反射型液晶パネル 7 0 R は、入射した照明光を空間光変調し、この変調光が再び第 1 の偏光ビームスプリッタ 6 9 R に入射される。そして、第 1 の偏光ビームスプリッタ 6 9 R は、変調光のうち偏光成分が透過されて色合成プリズム 7 1 に出射する。

第 2 の偏光ビームスプリッタ 6 9 G と第 3 の偏光ビームスプリッタ 6 9 B は同様に動作する。

【 0 0 6 4 】

色合成プリズム 7 1 は、第 1 ～第 3 の偏光ビームスプリッタ 6 9 R、6 9 G、6 9 B より入射された変調光を合成する。投射レンズ 7 2 がこの合成光をスクリーン 7 3 に投射する。

【 0 0 6 5 】

図 1 0 は、反射型液晶パネル 7 0 R、7 0 G、7 0 B（7 0 と省略する）の構成の一例を示す図である。

図 1 0 に示すように、液晶パネル 7 0 は、シリコン基板 8 0 と、液晶層 8 2 と

、例えば、光の入射側に配置されたガラス基板となるカバーガラス 8 3 と、カバーガラス 8 3 上に形成され、画素部に光を集光するマイクロレンズアレイ 8 4 とを備えている。また、シリコン基板 8 0 に、画素ごとに反射ミラー 8 1 が設けられている。反射ミラー 8 1 a と 8 1 b は、マイクロレンズアレイ 8 4 で集光され、液晶層 8 2 に入射した光は、液晶層 8 2 を通過した後にその入射光を反射し、再び液晶層 8 2 を通過し、入射側へ出射させる。

## 【 0 0 6 6 】

このときに、各画素に印加される電界により、液晶が回転し、液晶材料の閃光性という性質により、入射光の偏光面が回転する。

反射型液晶パネルでは、各画素の配線を、反射層の光の非入射側（光が通らない部位側）に作ることで、画素数が増えても、開口率が劣化しないという特徴がある。このため、小さなサイズの液晶パネルで、かつ多くの画素を持つことができる。

## 【 0 0 6 7 】

マイクロレンズアレイ 8 4 は、液晶層 8 2 の各画素に対応して 2 次元的に設けられた複数のマイクロレンズ 8 4 M を有している。マイクロレンズ 8 4 M は、入射光を各画素に対応する反射ミラー 8 1 a、または、8 1 b に向けて集光する。

本実施形態において、液晶パネル 7 0 は小型化、高精細化されたので、画素ピッチは  $20\ \mu\text{m}$  以下である。それに対応して、マイクロレンズアレイ 8 4 は、レンズピッチ (LP) が  $20\ \mu\text{m}$  以下で形成されている。

レンズピッチは  $20\ \mu\text{m}$  以下になると、マイクロレンズ 8 4 M の焦点距離のばらつき、及びレンズエッジから液晶層 8 2 までの光学樹脂の厚さのばらつきにより、マイクロレンズアレイ 8 4 の集光効率が変動し、スクリーン 7 3 上に表示輝度の変動または低下する恐れがある。

本実施形態では、各マイクロレンズ 8 4 M を回転双曲面形状で形成し、これによって、レンズピッチは  $20\ \mu\text{m}$  以下の場合に、焦点距離のばらつき、及びレンズエッジから液晶層 8 2 までの光学樹脂の厚さのばらつきがあっても、マイクロレンズアレイ 8 4 の集光効率が大きく変動しない。

## 【 0 0 6 8 】

マイクロレンズ84Mの回転双曲面のレンズ面は、第1の実施形態と同じように、式1で定義される。また、マイクロレンズ42Mの回転双曲面形状、及びマイクロレンズ84Mは、球面収差がゼロとなる条件を満たしており、入射光束を球面収差が無く反射ミラー81a、81bに集光する。

各マイクロレンズ84Mの焦点位置が、反射ミラー81a、81b位置に略一致するように構成されている。

#### 【0069】

次に、以上の液晶表示装置の動作を説明する。

PS合成素子4を出射した光は、コンデンサレンズ65によりほぼ平行な光束に変換されて、第1の色分離ミラー66に向けて出射される。第1の色分離ミラー66では、コンデンサレンズ65より出射された照明光の光路上で、例えば緑色光が反射ミラー68の方向に反射され、残りの照明光が透過される。第2の色分離ミラー67では、第1の色分離ミラー13を通過した照明光の光路上で、例えば赤色光が第1の偏光ビームスプリッタ69Rに反射され、残りの青色光が第3の偏光ビームスプリッタ69Bに入射する。

#### 【0070】

第2の色分離ミラー67で反射された赤色照明光は、第1の偏光ビームスプリッタ69Rに入射される。第1の色分離ミラー66で反射された緑色照明光は、反射ミラー68反射され、第2の偏光ビームスプリッタ22に入射される。また、第2の色分離ミラー67を透過した青色照明光は、第3の偏光ビームスプリッタ69Bに入射される。

#### 【0071】

第1の偏光ビームスプリッタ69Rでは、入射した照明光のうち、所定偏光面の照明光が第1反射型液晶パネル70Rに向けて反射され、この偏光面と直交する偏光面の照明光は透過される。

また、第1反射型液晶パネル70Rでは、第1反射型液晶パネル70Rに照射された光は、双曲面レンズ面の複数のマイクロレンズ84Mから構成され、レンズピッチが $20\mu\text{m}$ 以下のマイクロレンズアレイ84によって集光され、液晶層82を通過し、各マイクロレンズ84Mに対応する画素ピッチ $20\mu\text{m}$ 以下の画

素部の反射ミラー 8 1 a、8 1 b に収束され、そして、反射ミラー 8 1 a、8 1 b に反射され、再び液晶層 8 2 を通過して、空間光変調され、再び第 1 の偏光ビームスプリッタ 6 9 R に入射される。そして、第 1 の偏光ビームスプリッタ 6 9 R では、変調光のうち偏光成分が透過されて色合成プリズム 7 1 に出射される。

第 2 の偏光ビームスプリッタ 6 9 G と第 3 の偏光ビームスプリッタ 6 9 B は同様に動作する。

#### 【 0 0 7 2 】

色合成プリズム 7 1 では、第 1 ～第 3 の偏光ビームスプリッタ 6 9 R、6 9 G、6 9 B より入射された変調光が合成されて、この合成光が投射レンズ 7 2 を介してスクリーン 7 3 に投射される。

これにより、それぞれ第 1 ～第 3 の反射型液晶パネル 7 0 R、7 0 G、7 0 B で形成された映像がスクリーン 7 3 に拡大投影され、所望のカラー画像が表示される。

#### 【 0 0 7 3 】

前述したように、レンズピッチが  $20\mu\text{m}$  以上の場合、回転双曲面マイクロレンズと回転楕円体マイクロレンズは、ほぼ同じ光学特性を示しているが、液晶パネルの小型化と高精細化に伴い、開口率、画素ピッチが小さくなるのにつれて、焦点距離が短く、レンズエッジからカバーガラス表面までの厚さが薄くなった場合は、回転楕円体マイクロレンズの集光効率が低下するのに対して、回転双曲面マイクロレンズは依然高い集光効率を維持できる。特に、レンズピッチが  $20\mu\text{m}$  以下の場合、回転双曲面マイクロレンズは回転楕円体マイクロレンズより、顕著な効果を示しており、焦点距離のばらつき及びレンズエッジからカバーガラス表面までの厚さのばらつきに対して集光効率のマージンが大きく、カバーガラスを極薄しなくても済む。従って、レンズピッチが  $20\mu\text{m}$  以下の回転双曲面マイクロレンズを用いれば、高精細度表示に対応できる。

#### 【 0 0 7 4 】

本実施形態は、第 1 の実施形態と同じ効果を奏する。

#### 【 0 0 7 5 】

以上、本発明を好ましい実施の形態に基づき説明したが、本発明は以上に説明

した実施の形態に限られるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲で、種々の改変が可能である。

第 1 と第 2 の実施形態で説明した投影型液晶表示装置の構成は一例であり、本発明は、この構成に限定されず、本発明の目的を達成できれば、他の構成でも良い。

また、本発明は、液晶表示装置だけではなく、デジタル・ミラー・デバイス（DMD）などのライトバルブを用いた表示装置にも適用できる。

【 0 0 7 6 】

【発明の効果】

本発明によれば、高精細化により開口率や画素ピッチが小さくなるのに伴い、焦点距離が短く、レンズから画素部までの距離が薄くなっても、回転双曲面マイクロレンズは高い集光効率を維持できる。特に、レンズピッチが  $20\ \mu\text{m}$  以下の場合、回転双曲面マイクロレンズは顕著な効果を示しており、焦点距離のばらつき及びレンズから画素部までの厚さのばらつきに対して集光効率のマージンが大きく、高精細度表示に対応できる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の第 1 の実施形態に係る表示装置の概略構成図である。

【図 2】

本発明の第 1 の実施形態に係る表示装置における表示素子の構成の一例を示す図である。

【図 3】

レンズピッチ  $20\ \mu\text{m}$  以下の回転双曲面マイクロレンズについてのシミュレーション結果を示すグラフである。

【図 4】

レンズピッチ  $20\ \mu\text{m}$  以下の回転楕円体マイクロレンズについてのシミュレーション結果を示すグラフである。

【図 5】

レンズピッチ  $20\ \mu\text{m}$  以下の回転双曲面マイクロレンズとレンズピッチ  $20\ \mu$

m以下の回転楕円体マイクロレンズの特性を比較するシミュレーションの結果を示すグラフである。

【図 6】

レンズピッチ  $20\ \mu\text{m}$  の回転双曲面マイクロレンズとレンズピッチ  $20\ \mu\text{m}$  の回転楕円体マイクロレンズの特性を比較するシミュレーションの結果を示すグラフである。

【図 7】

レンズピッチ  $20\ \mu\text{m}$  以上の回転双曲面マイクロレンズとレンズピッチ  $20\ \mu\text{m}$  以上の回転楕円体マイクロレンズの特性を比較するシミュレーションの結果を示すグラフである。

【図 8】

レンズピッチ  $20\ \mu\text{m}$  以上の回転双曲面マイクロレンズとレンズピッチ  $20\ \mu\text{m}$  以上の回転楕円体マイクロレンズの特性を示す他のシミュレーションの結果を示すグラフである。

【図 9】

本発明の第 2 の実施形態に係る表示装置の概略構成図である。

【図 10】

本発明の第 2 の実施形態に係る表示装置における表示素子の構成の一例を示す図である。

【図 11】

従来の表示装置における表示素子の構成の一例を示す図である。

【図 12】

回転楕円面を有するマイクロレンズの光線追跡図である。

【図 13】

高精細化に伴い、表示装置における表示素子構成の変化を示す図である。

【符号の説明】

1…光源、2…第 1 レンズアレイ、2M…マイクロレンズ、3…第 2 レンズアレイ、3M…マイクロレンズ、4…PS 分離合成素子、4A…位相板、5…コンデンサレンズ、6…フィールドレンズ、7…液晶パネル、8…投影レンズ、20…

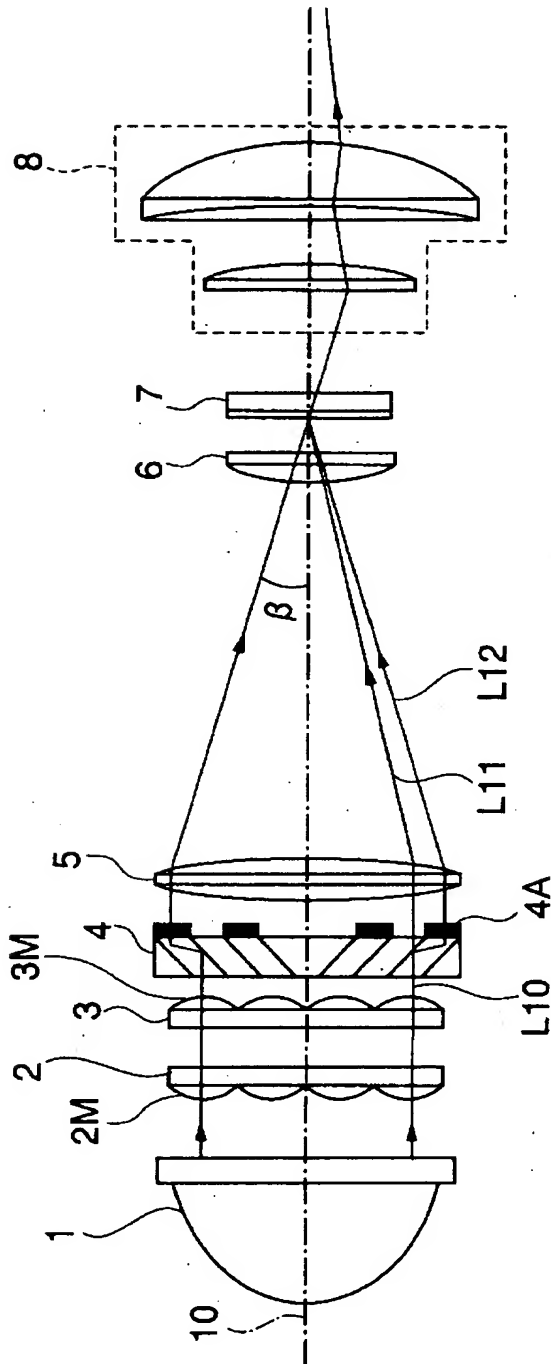


光軸、40A…対向基板、40B…画素電極基板、41…ガラス基板、42…マイクロレンズアレイ、42M…マイクロレンズ、43…樹脂、44…カバーガラス、45…液晶層、46…画素電極部、47…ブラックマトリックス、48…ガラス基板、66, 67…色分離ミラー、68…反射ミラー、69R, 69G, 69B…偏光ビームスプリッタ、70R, 70G, 70B…反射型液晶パネル、71…色合成プリズム、72…投影レンズ、73…スクリーン、80…シリコン基板、81…反射ミラー、82…液晶層、83…カバーガラス、84…マイクロレンズアレイ、140A…対向基板、140B…画素電極基板、141…ガラス基板、142…マイクロレンズアレイ、142M…マイクロレンズ、143…樹脂、144…カバーガラス、145…液晶層、146…画素電極部、147…ブラックマトリックス、148…ガラス基板、200…光軸、LP…レンズピッチ、APR…画素開口率、 $f$ …焦点距離、LP…レンズピッチ、S…レンズエッジからカバーガラスと液晶層の境界面までの光学距離。

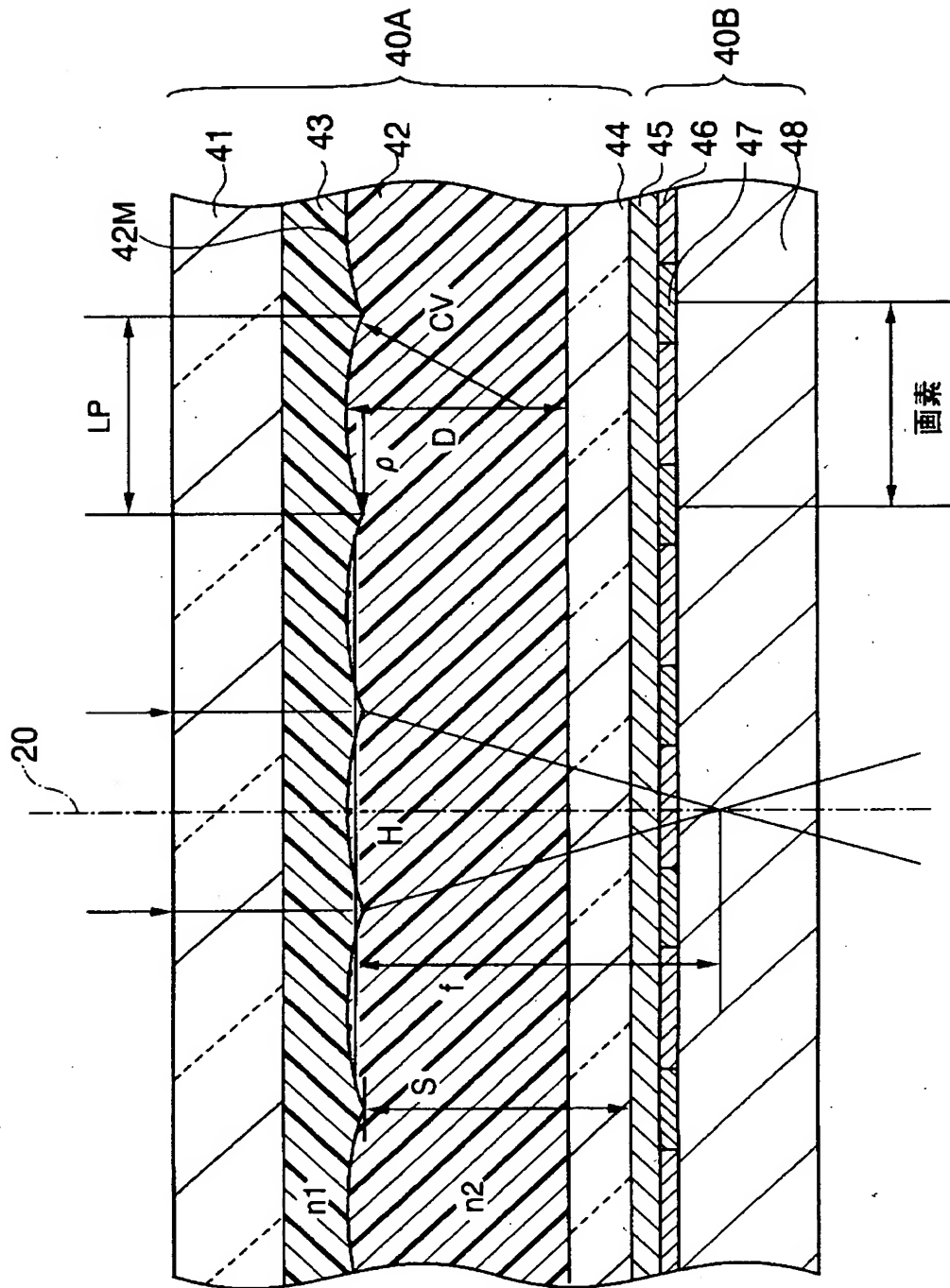
【書類名】

図面

【図 1】

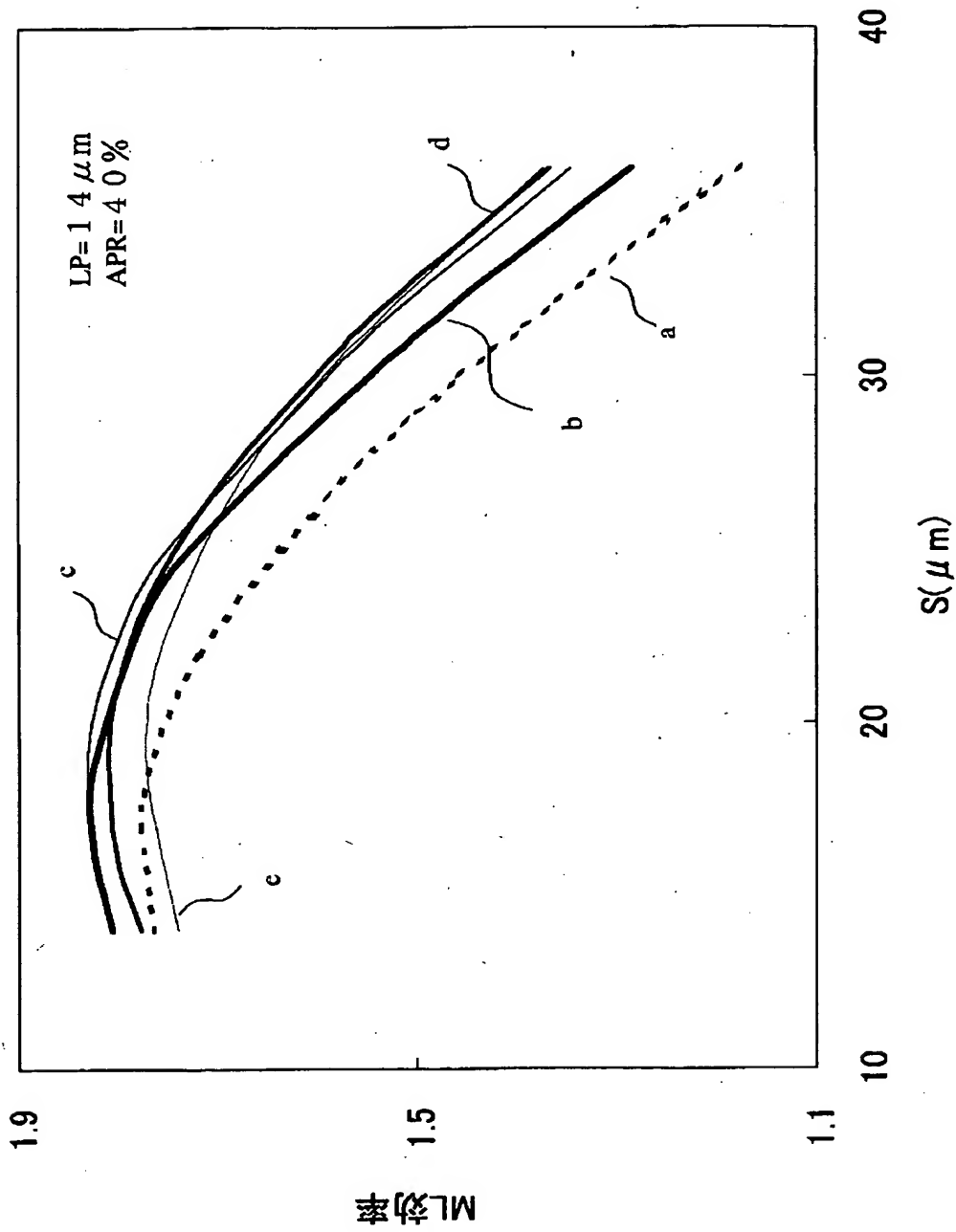


【図 2】

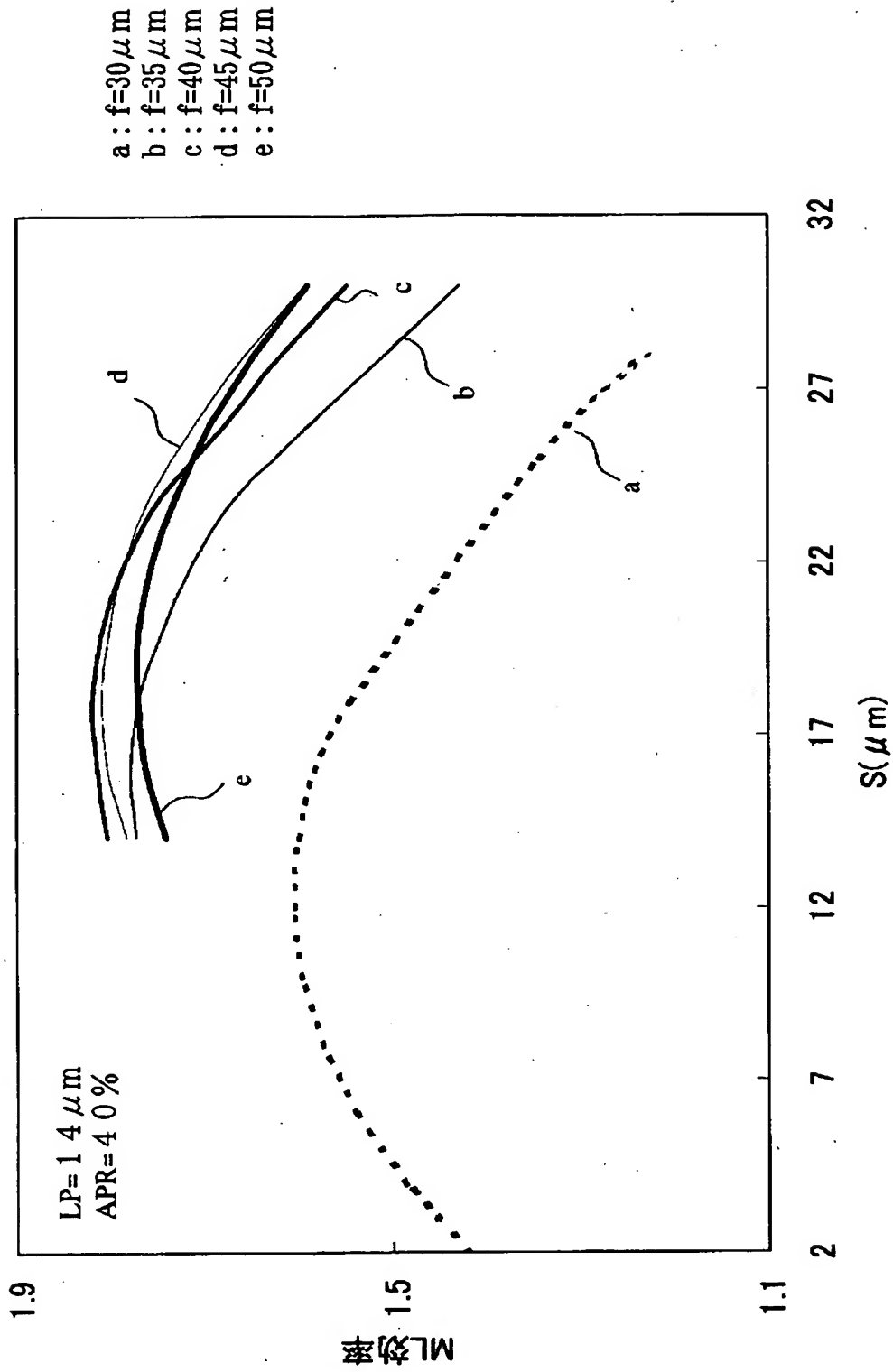


【図 3】

a:  $f=25\mu\text{m}$   
 b:  $f=30\mu\text{m}$   
 c:  $f=35\mu\text{m}$   
 d:  $f=40\mu\text{m}$   
 e:  $f=45\mu\text{m}$

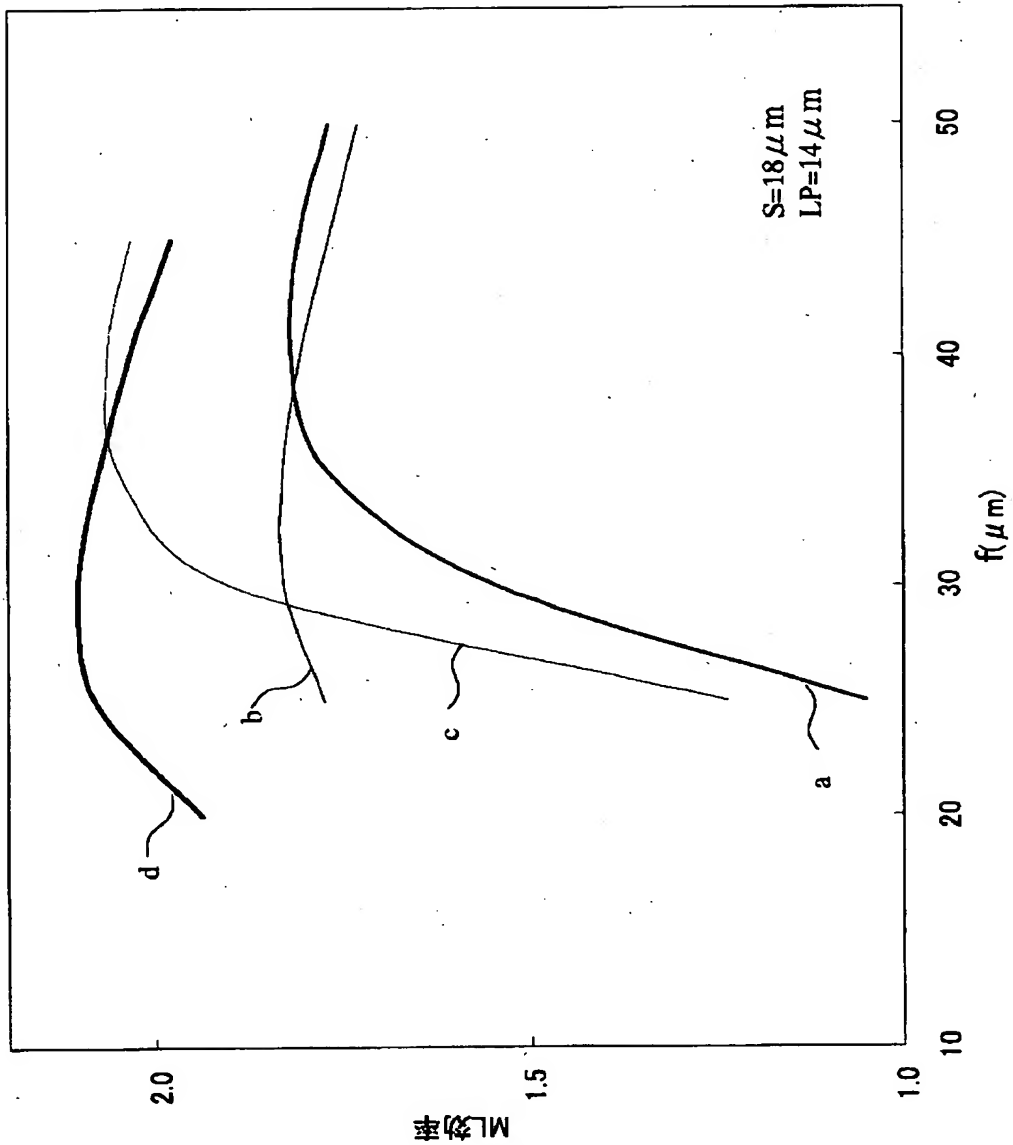


【図4】

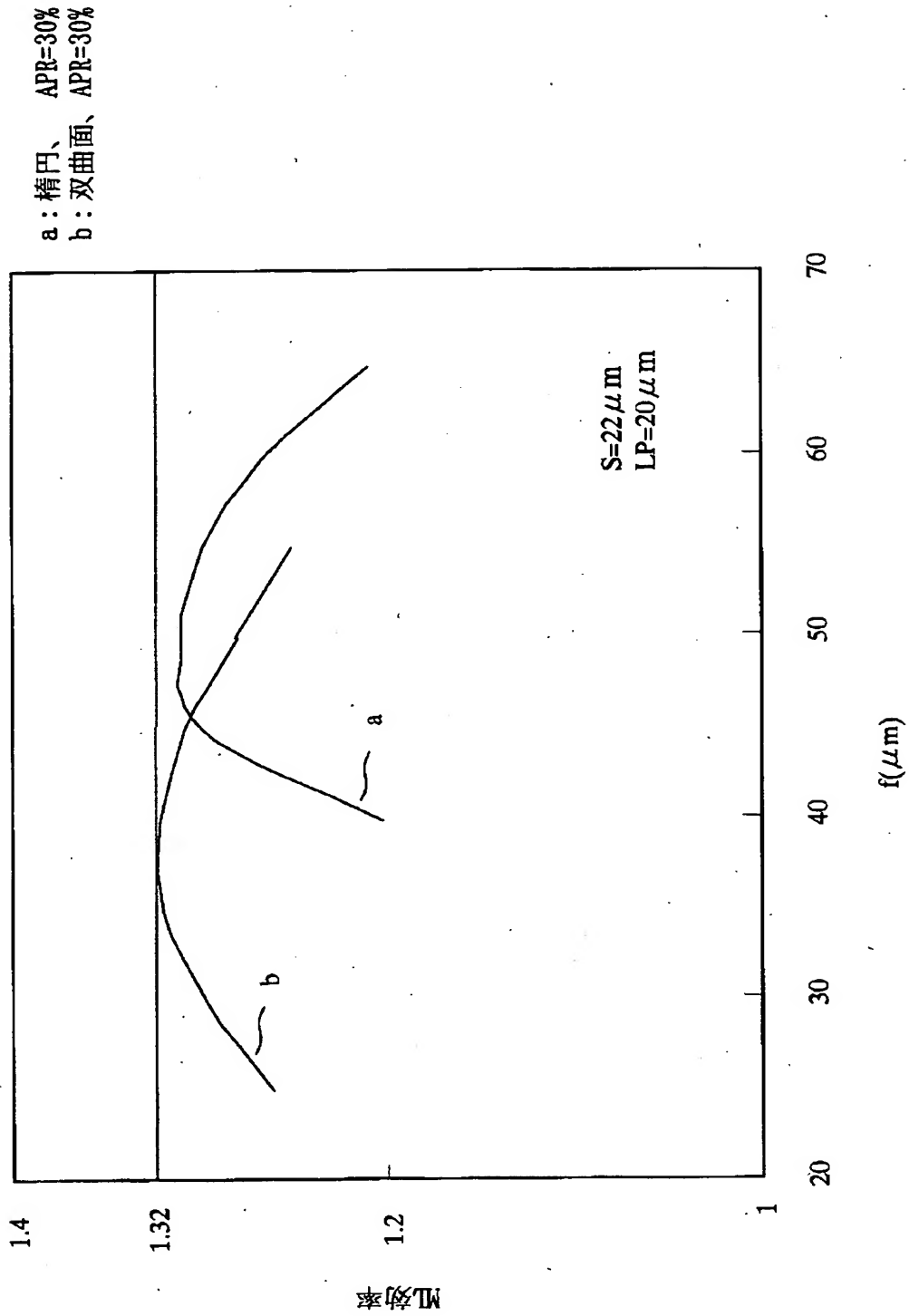


【図 5】

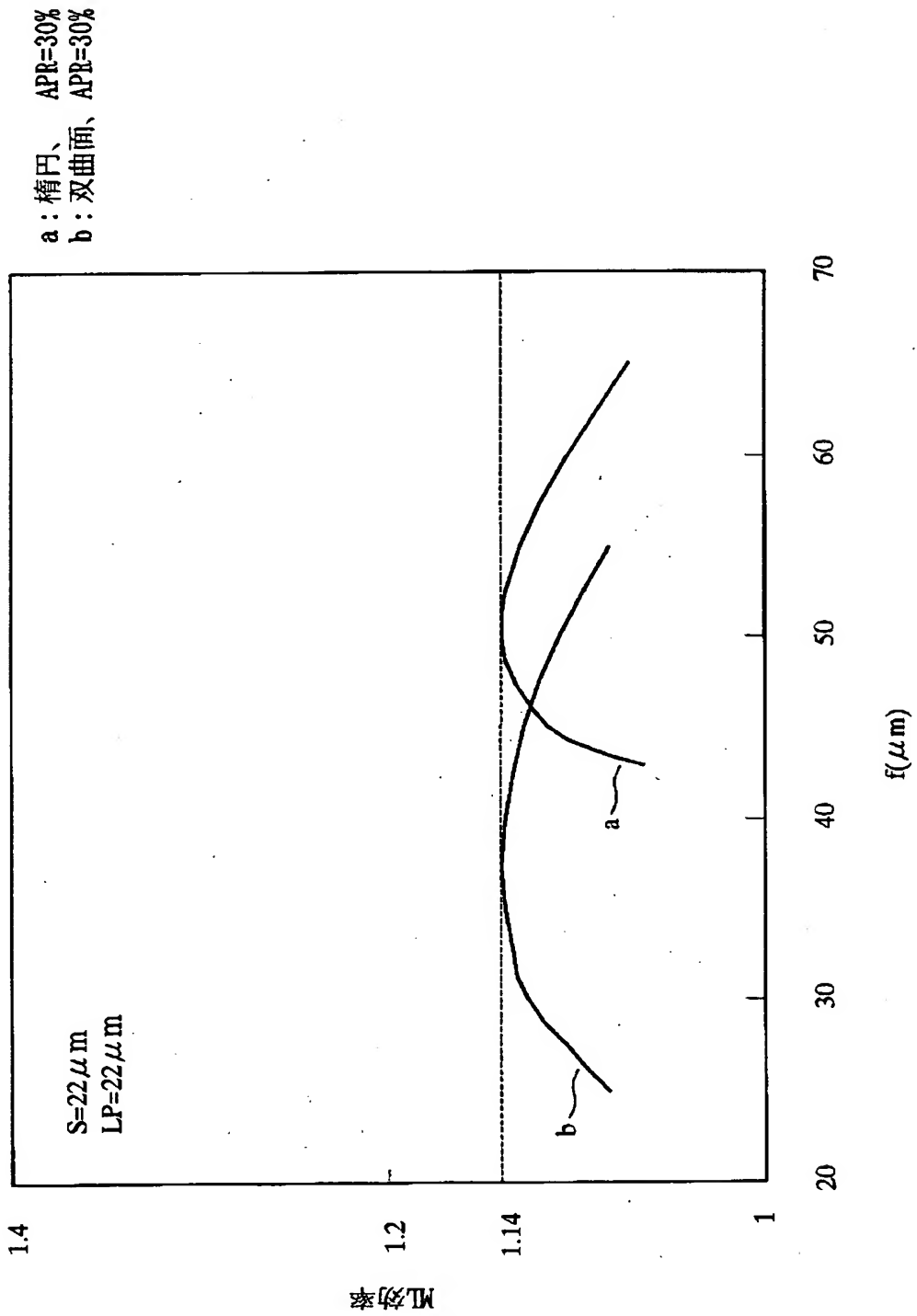
- a: 楕円、APR=40%
- b: 双曲面、APR=40%
- c: 楕円、APR=30%
- d: 双曲面、APR=30%



【図 6】

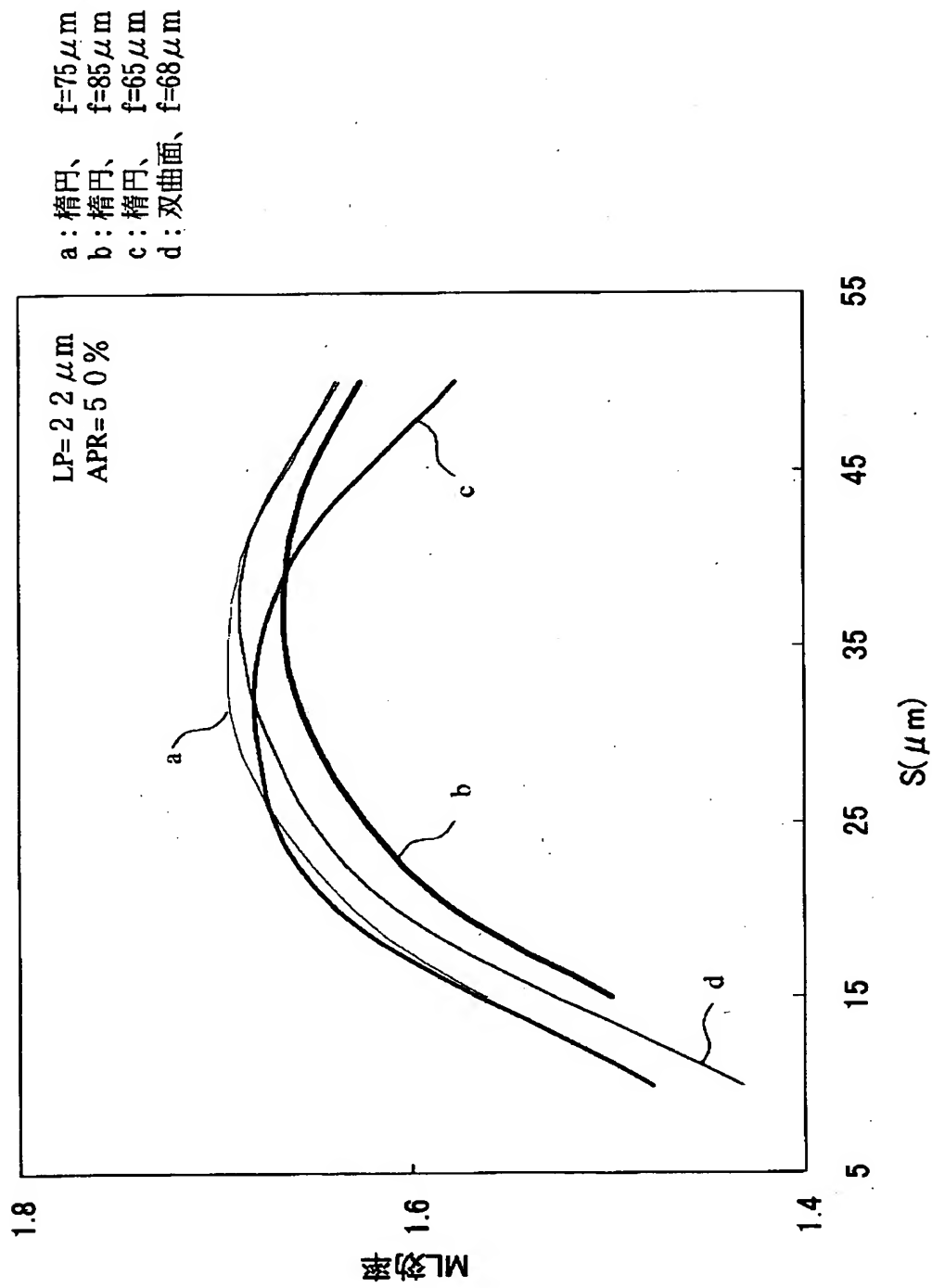


【図 7】

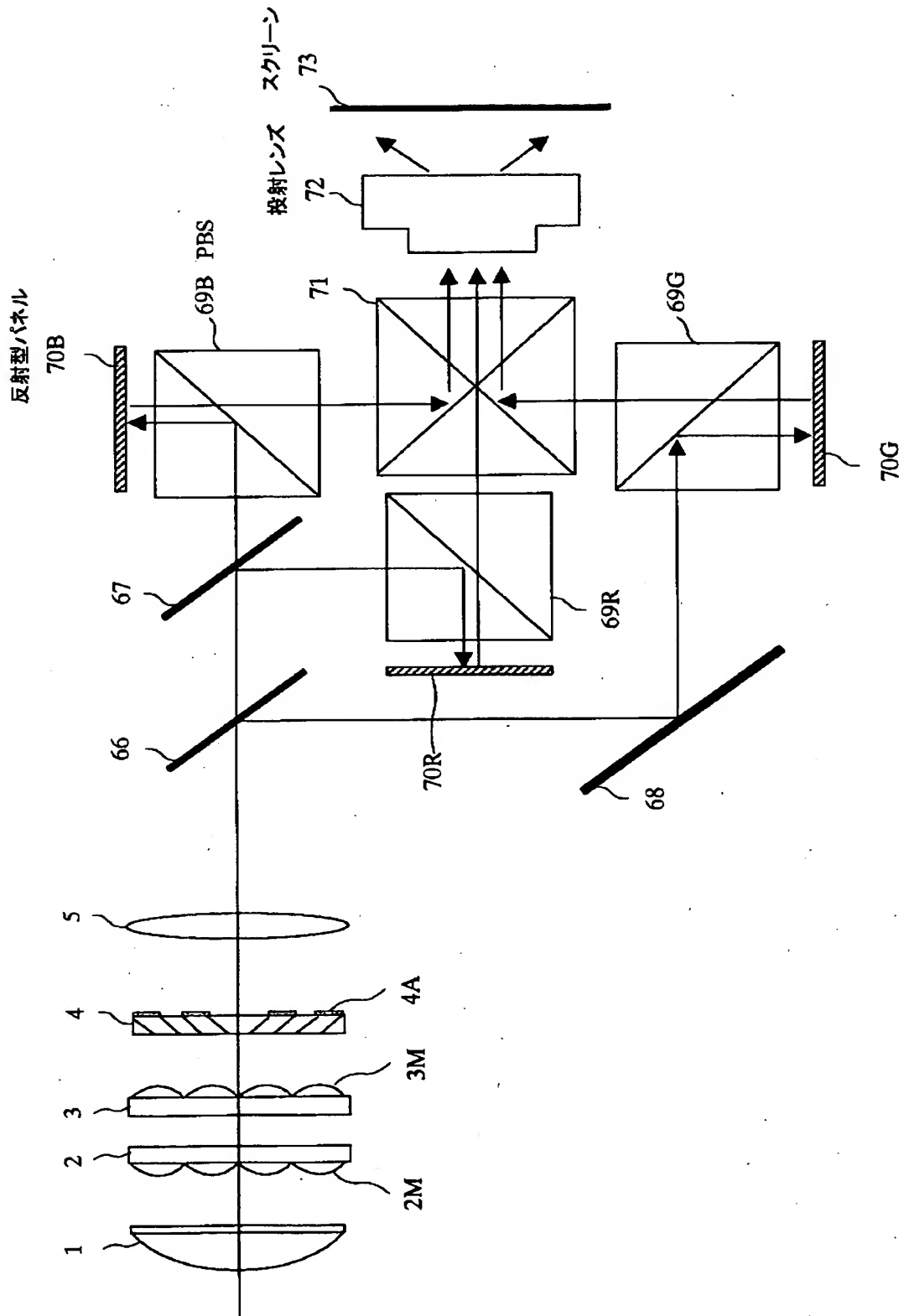




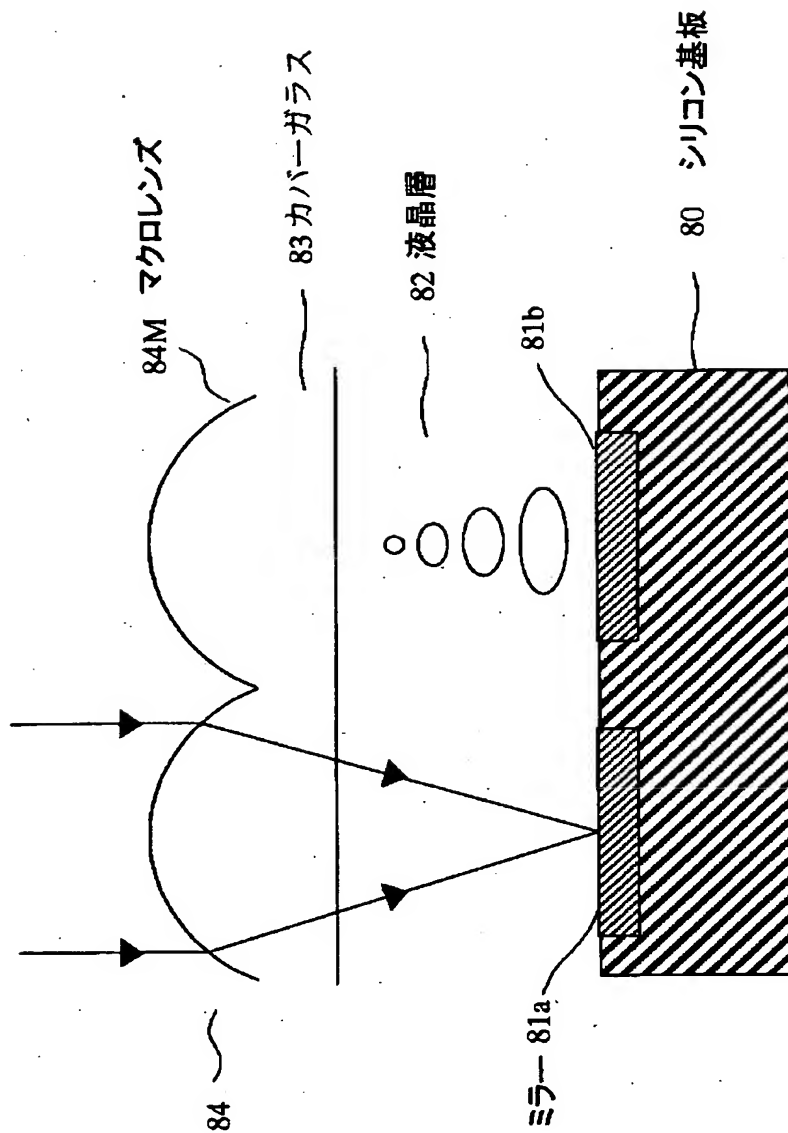
【図 8】



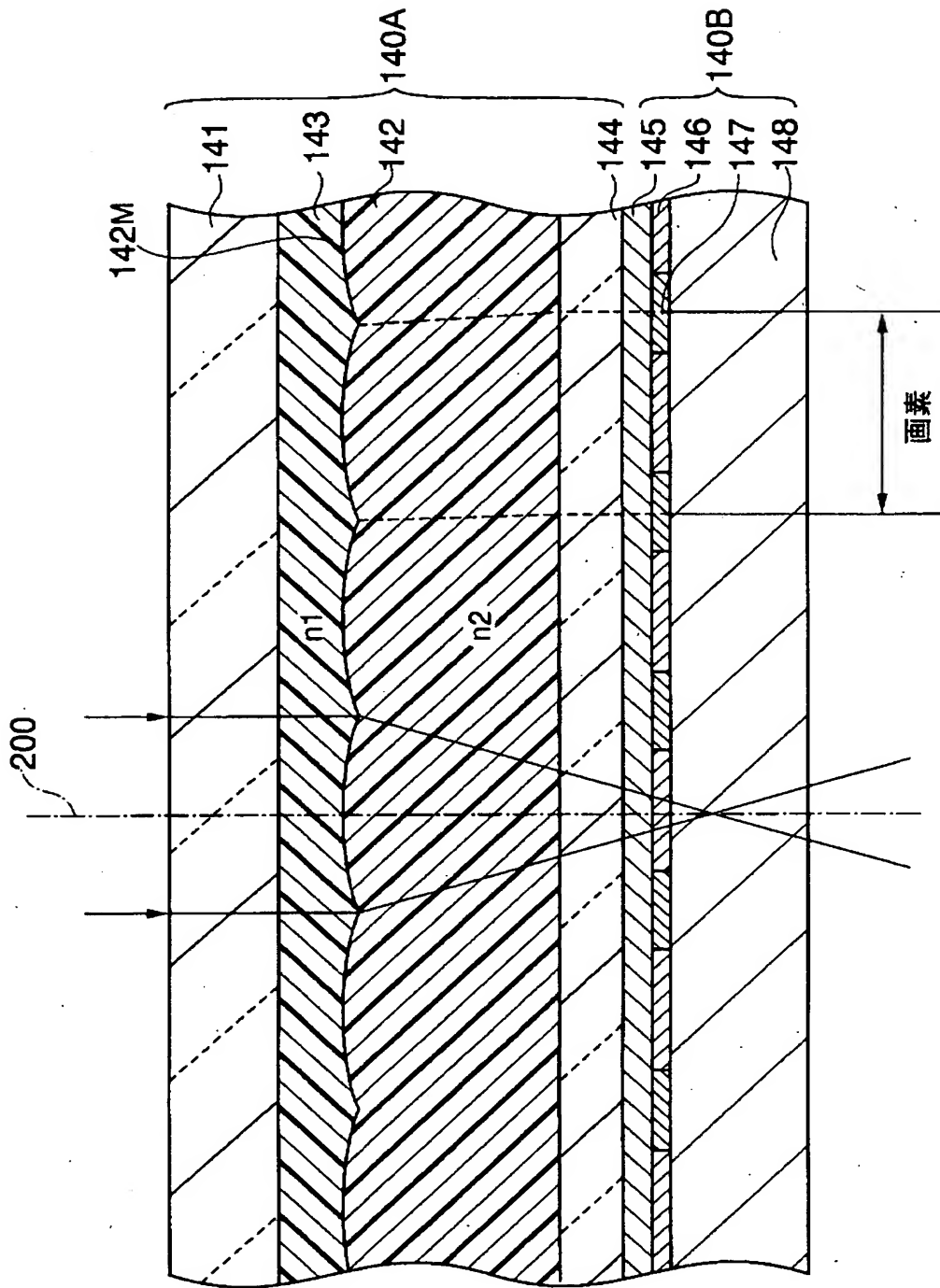
【図9】



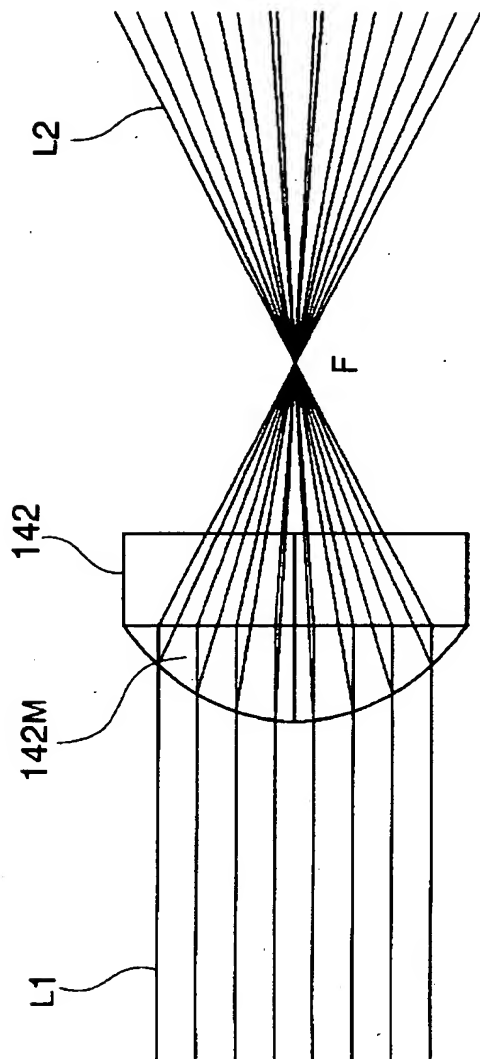
【図10】



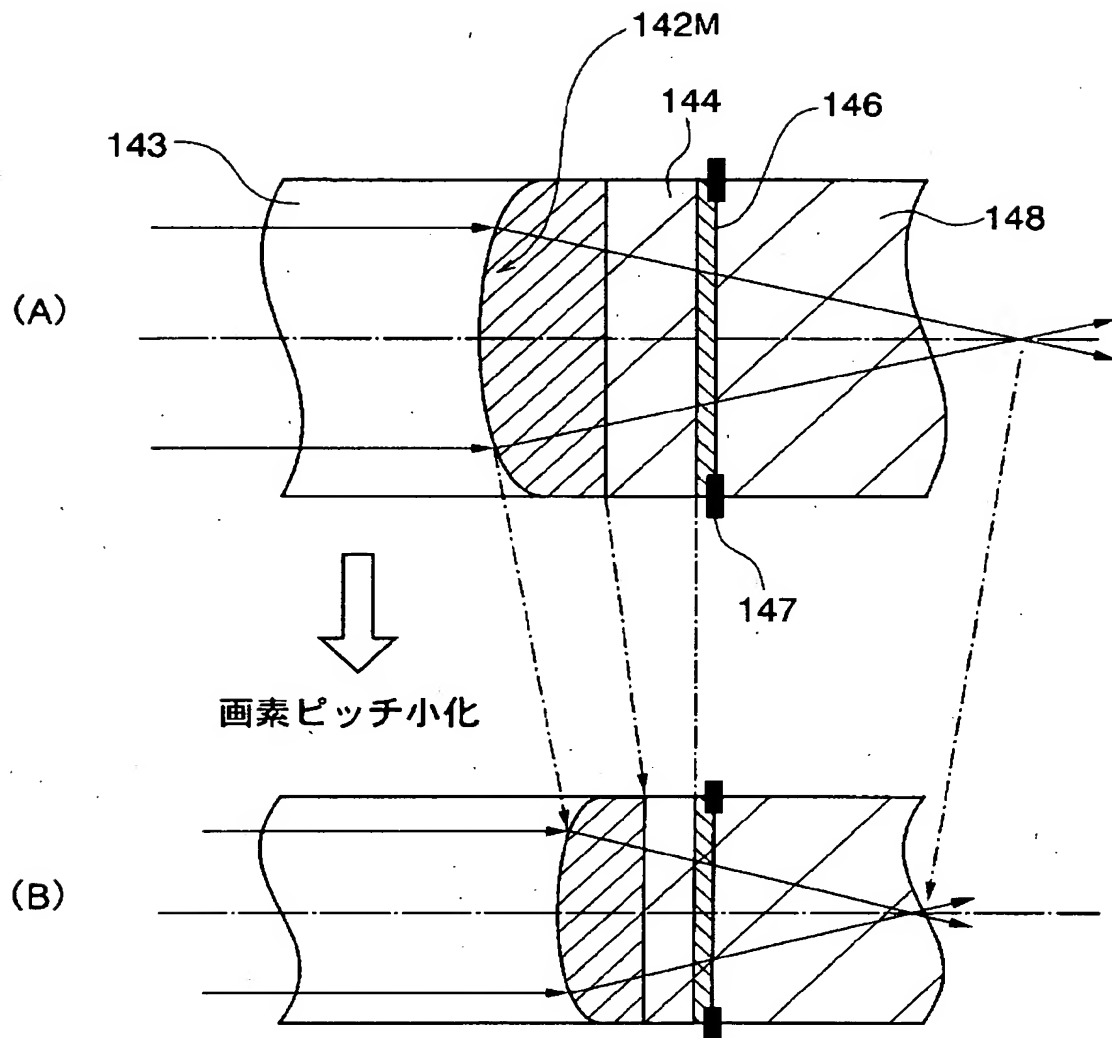
【図 11】



【図 1 2】



【図13】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 高精細化表示に対応できる表示素子、表示装置、及びマイクロレンズアレイを提供する。

【解決手段】 レンズピッチ  $20\ \mu\text{m}$  以下の回転双曲面マイクロレンズを表示素子に用いれば、マイクロレンズの焦点距離  $f$  が  $45\ \mu\text{m} \sim 25\ \mu\text{m}$  の変動、マイクロレンズのエッジからカバーガラスと液晶層の界面までの光学距離  $S$  が  $20\ \mu\text{m} \sim 30\ \mu\text{m}$  の変動があっても、高輝度の表示に十分な集光効率（ML 効率）を確保できる。また、光学距離  $S$  が比較的に長くても（ $30\ \mu\text{m}$  まで）、高輝度の表示に十分な ML 効率を確保できる。即ち、焦点距離  $f$  及び光学距離  $S$  の変動に対して、輝度変化のマージンがある。

【選択図】 図 3

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000002185]

1. 変更年月日 1990年 8月30日  
[変更理由] 新規登録  
住 所 東京都品川区北品川6丁目7番35号  
氏 名 ソニー株式会社
2. 変更年月日 2003年 5月15日  
[変更理由] 名称変更  
住 所 東京都品川区北品川6丁目7番35号  
氏 名 ソニー株式会社